

26. 5. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

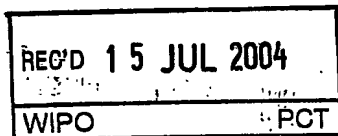
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 1 月 2 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 9 2 6 2 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 9 2 6 2 3]

出 願 人 日本精工株式会社
Applicant(s): N S K ステアリングシステムズ株式会社

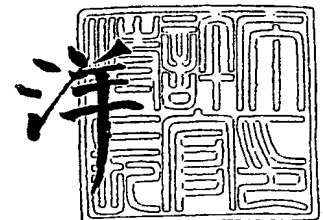


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 7 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 03NSP106
【提出日】 平成15年11月21日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B62D 5/04
【発明者】
 【住所又は居所】 群馬県前橋市総社町一丁目8番1号 NSKステアリングシステムズ株式会社内
 【氏名】 前田 篤志
【発明者】
 【住所又は居所】 群馬県前橋市総社町一丁目8番1号 NSKステアリングシステムズ株式会社内
 【氏名】 力石 一穂
【特許出願人】
 【識別番号】 000004204
 【氏名又は名称】 日本精工株式会社
【特許出願人】
 【識別番号】 302066629
 【氏名又は名称】 NSKステアリングシステムズ株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100077919
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 井上 義雄
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-181529
 【出願日】 平成15年 6月25日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 047050
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9712176
 【包括委任状番号】 0301991

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

ステアリングホイールに印加された操舵トルクに応じて、電動モータから補助操舵トルクを発生して、ウォームギヤ機構により減速して操舵機構の出力軸に伝達する電動パワーステアリング装置において、

前記ウォームギヤ機構は、前記出力軸に設けたウォームホイールに、前記電動モータにより駆動する鼓型ウォームを噛み合わせたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】

前記鼓型ウォームの噛み合い中央部のバックラッシュに対し、前記鼓型ウォームの両端部のバックラッシュを大きくしたことを特徴とする請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】

伝達トルクに応じて、前記鼓型ウォームと前記ウォームホイールとの噛み合い歯数を多くしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】

前記鼓型ウォームと前記ウォームホイールとの噛み合い歯の少なくとも一方は、弾性変形可能であることを特徴とする請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 5】

前記ウォームホイールの少なくとも歯部は、樹脂材料から形成してあることを特徴とする請求項 4 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 6】

前記鼓型ウォームの条数は、2 条以上としたことを特徴とする請求項 5 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 7】

前記鼓型ウォームには、各歯厚を薄くする歯厚調整加工が施されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 8】

前記鼓型ウォームの歯厚調整加工は、当該ウォームの軸方向の中心部から両端部へ行くほど歯厚が薄くなるような成形であることを特徴とする請求項 7 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 9】

前記鼓型ウォームの歯厚調整加工は、当該ウォームの軸方向の中心部の所定区間では加工を施さず、この区間以外の部分では、両端部へ向かうほど歯厚が薄くなる成形、又は加工を施さない区間より薄い一定の歯厚となる成形であることを特徴とする請求項 7 に記載の電動パワーステアリング装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】電動パワーステアリング装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステアリングホイールに印加された操舵トルクに応じて、電動モータから補助操舵トルクを発生して、ウォームギヤ機構により減速して操舵機構の出力軸に伝達する電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の操舵系では、外部動力源を用いて操舵アシストを行わせる、いわゆるパワーステアリング装置が広く採用されている。従来、パワーステアリング装置用の動力源としては、ペーン方式の油圧ポンプが用いられており、この油圧ポンプをエンジンにより駆動するものが多かった。ところが、この種のパワーステアリング装置は、油圧ポンプを常時駆動することによるエンジンの駆動損失が大きい（最大負荷時において、数馬力～十馬力程度）ため、小排気量の軽自動車等への採用が難しく、比較的大排気量の自動車でも走行燃費が無視できないほど低下することが避けられなかった。

【0003】

そこで、これらの問題を解決するものとして、電動モータを動力源とする電動パワーステアリング装置（Electric Power Steering、以下EPSと記す）が近年注目されている。EPSには、電動モータの電源に車載バッテリーを用いるために直接的なエンジンの駆動損失が無く、電動モータが操舵アシスト時にのみに起動されるために走行燃費の低下も抑えられる他、電子制御が極めて容易に行える等の特長がある。

【0004】

EPSでは、ステアリングホイールに印加された操舵トルクに対応して、電動モータから補助操舵トルクを発生して、動力伝達機構（減速機）により減速して操舵機構の出力軸に伝達するようになっている。

【0005】

この動力伝達機構（減速機）として、ウォームギヤ機構を用いたEPSでは、電動モータの駆動軸側のウォームに、ウォームホイールが噛合しており、このウォームホイールは、操舵機構の出力軸（例えば、ピニオン軸、コラム軸）に嵌合してある。

【0006】

今まで使用していたウォーム減速機は、円筒ウォーム減速機である。円筒ウォームに対して、鼓型ウォームは、ウォームがホイール形状を包絡する様に文字通り鼓型形状を成しているため、誰が見ても噛み合い率（数）を向上させることができるのは明らかである。

【0007】

例えば、円筒ウォームとしては、特許文献1、及び特許文献2を挙げることができる。特許文献1は、ウォーム条数を3条とすることで、噛み合い歯数を増加させて、接触面圧を低下させて 耐久摩耗性を改善させたものである。特許文献2は、円筒ウォームとホイール歯面の接触線が長くなるホイール形状とすることで、接触面圧を低下させて耐久摩耗性を改善させたものである。

【特許文献1】特開2001-270450号公報

【特許文献2】特開2002-173041号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

近年、ウォームを、ホイール外周形状に沿ったウォーム形状した鼓型ウォームとすることで、噛み合い歯数を増加させようとする試みがなされている。

【0009】

このような、開発を進めている鼓型ウォームの場合には、食い違い軸であるホイールの回転軸と、ウォームの回転軸との距離は、両軸の垂線の足の長さ（芯間距離）を最短とし

て、ホイールの回転位相に伴って増加するので、ホイールのピッチ円半径を R 、ウォームの垂線の足からの距離を X とすると、ウォームのピッチ円半径の増加量 δ は

【0010】

【数1】

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - X^2}$$

となる。

【0011】

この為、鼓型ウォームのピッチ円径は垂線の足の位置 ($X=0$) を最小径として、ウォームの軸線方向に離れるに従い対称形状で連続的に大径となっている。

【0012】

一方、図23に示すように、円筒ウォームにおいては、ギヤハウジングaに円筒ウォームbを回転自在に支持している場合、ギヤハウジングaに対して、円筒ウォームbが軸方向に位置ズレを生じたとしても、図24(b)に拡大して示すように、円筒ウォームbのピッチ円は、円筒ウォームbの軸線方向のどの位置においても、一定値であることから、ホイールcと、円筒ウォームbとの噛み合いには、何ら影響を及ぼすことは全くない。

【0013】

なお、ピッチ円を軸方向に繋げた包絡面は、円筒となる。図示では、その円筒の断面を示している。その円筒面と、ホイールcのピッチ円との交点は、その円筒面が軸方向に動いても変わらない。円筒ウォームbの場合、ホイールcをギヤハウジングaに装着後、モータ取付孔d側から、円筒ウォームbを回転させながら、螺進させて組み付けることが出来る。

【0014】

しかしながら、鼓型ウォームにおいては、鼓型ウォームの最小ピッチ円の位置を、ギヤハウジングのホイール回転軸とウォーム回転軸との垂線の足の位置にきわめて正確に一致させなければならない。鼓型ウォームがホイールに対して一側へずれると、鼓型ウォームの一端側は両ピッチ円が離れ、他端側は両ピッチ円が交錯するので、一端側では、バックラッシュが大となり、他端側では、バックラッシュが小となる。ズレによるバックラッシュ変化が大きければ、歯面が干渉して円滑な回転伝達が出来なくなる。また、バックラッシュを大きくすると、歯面同士の打音が大きくなってしまうという問題がある。

【0015】

また、円筒ウォームにおいては、加工終了後に、3針法にて簡易にピッチ円径を測定することが出来る。

【0016】

しかし、鼓型ウォームでは、連続的にピッチ円径が変化しているので、従来の測定3針法では、ピッチ円の計測は、不可能であり、ピッチ円の最小径の軸方向位置を正確に割り出すことは、困難であり、ウォーム加工時の加工基準からの位置精度に頼ることとなる。

【0017】

以上から、鼓型ウォームやハウジングの加工誤差による位置ズレ (ミスアライメント) を修正するため、鼓型ウォームは、軸方向に位置を正確に調整する困難な作業が必要である。

【0018】

本発明は、上述したような事情に鑑みてなされたものであって、鼓型ウォームを用いることにより、噛み合い率を向上して、高出力化を図ると共に、鼓型ウォームの位置決めを著しく容易にして、ミスアライメントの調整を容易に行えるようにした電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記の目的を達成するため、本発明の請求項1に係る電動パワーステアリング装置は、ステアリングホイールに印加された操舵トルクに応じて、電動モータから補助操舵トルクを発生して、ウォームギヤ機構により減速して操舵機構の出力軸に伝達する電動パワーステアリング装置において、

前記ウォームギヤ機構は、前記出力軸に設けたウォームホイールに、前記電動モータにより駆動する鼓型ウォームを噛合させたことを特徴とする。

【0020】

本発明の請求項2に係る電動パワーステアリング装置は、前記鼓型ウォームの噛み合い中央部のバックラッシュに対し、前記鼓型ウォームの両端部のバックラッシュを大きくしたことを特徴とする。

【0021】

本発明の請求項3に係る電動パワーステアリング装置は、伝達トルクに応じて、前記鼓型ウォームと前記ウォームホイールとの噛合い歯数を多くしたことを特徴とする。

【0022】

本発明の請求項4に係る電動パワーステアリング装置は、前記鼓型ウォームと前記ウォームホイールとの噛合い歯の少なくとも一方は、弾性変形可能であることを特徴とする。

【0023】

本発明の請求項5に係る電動パワーステアリング装置は、前記ウォームホイールの少なくとも歯部は、樹脂材料から形成してあることを特徴とする。

【0024】

本発明の請求項6に係る電動パワーステアリング装置は、前記鼓型ウォームの条数は、2条以上としたことを特徴とする。

【0025】

本発明の請求項7に係る電動パワーステアリング装置は、前記鼓型ウォームには、各歯厚を薄くする歯厚調整加工が施されていることを特徴としている。

【0026】

本発明の請求項8に係る電動パワーステアリング装置は、前記鼓型ウォームの歯厚調整加工は、当該ウォームの軸方向の中心部から両端部へ行くほど歯厚が薄くなるような成形であることを特徴としている。

【0027】

本発明の請求項9に係る電動パワーステアリング装置は、前記鼓型ウォームの歯厚調整加工は、当該ウォームの軸方向の中心部の所定区間では加工を施さず、この区間以外の部分では、両端部へ向かうほど歯厚が薄くなる成形、又は加工を施さない区間より薄い一定の歯厚となる成形であることを特徴としている。

【発明の効果】

【0028】

以上説明したように、本発明によれば、鼓型ウォームを用いることにより、噛み合い率を向上して、高出力化を図ると共に、鼓型ウォームの位置決めを著しく容易にして、ミスアライメントの調整を容易に行えるようにすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明の実施の形態に係る電動パワーステアリング装置を図面を参照しつつ説明する。

【0030】

図1は、本発明の第1実施の形態に係る電動パワーステアリング装置の縦断面図である。

【0031】

図2(a)は、図1に示した電動パワーステアリング装置の縦断面図であり、(b)は、鼓型ウォームのピッチ円とホイールのピッチ円の関係を示す模式図である。

【0032】

図3 (a) は、図1に示した電動パワーステアリング装置の縦断面図であり、(b) は、鼓型ウォームのピッチ円包絡線とホイールのピッチ円の関係を示す模式図であり、(c) は、バックラッシュの大小を示す模式図である。

【0033】

図1に示すように、本第1実施の形態では、ウォームギヤ機構のギヤハウジング1内に、鼓型ウォーム2と、この鼓型ウォーム2に噛合したウォームホイール3とが収納してあり、ギヤハウジング1の側方には、鼓型ウォーム2を駆動する電動モータ4が装着してある。ウォームホイール3は、操舵機構の出力軸5（例えば、ピニオン軸、コラム軸）に嵌合してある。これにより、ステアリングホイール（図示略）に印加された操舵トルクに応じて、電動モータ4から補助操舵トルクを発生して、鼓型ウォーム2とホイール3により減速して、操舵機構の出力軸5に伝達するようになっている。なお、符号5aは、トーションバーを示している。

【0034】

また、鼓型ウォーム2の場合、ピッチ円が干渉して、円筒ウォームのように組み付けられない。そのため、鼓型ウォーム2をホイール3に噛み合わせた状態において、両端側から、軸受6, 7を組み付けている。即ち、鼓型ウォーム2の両端部を回転自在に支持する軸受6, 7は、それぞれ、スナップリング8（モータ取付孔10側）やカバー9（軸端側）により調整可能に取付けてあり、軸受6, 7の端面位置を、スナップリング8やカバー9の端面位置等で調整して、ミスアライメントの調整を行うことができる。

【0035】

ところで、図2 (b) に示すように、鼓型ウォーム2の場合には、食い違い軸であるホイール3の回転軸と、鼓型ウォーム2の回転軸との距離は、両軸の垂線の足の長さ（芯間距離）を最短として、ホイール3の回転位相に伴って増加する。

【0036】

ホイール3のピッチ円半径をR、鼓型ウォーム2の垂線の足からの距離をXとすると、鼓型ウォーム2のピッチ円半径の増加量 δ は

【0037】

【数2】

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - X^2}$$

となる。

【0038】

この為、鼓型ウォーム2のピッチ円径は、垂線の足の位置（X=0）を最小径として、鼓型ウォーム2の軸線方向に離れるに従い対称形状で連続的に大径となっている。

【0039】

一方、図3 (b) に示すように、鼓型ウォーム2のピッチ円半径の増加量 δ_1 、鼓型ウォーム2のピッチ円径の包絡線の曲率をR1とした時に、
R1>R：ホイール3のピッチ円半径とし、

【0040】

【数3】

$$\delta_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - X^2} < \delta$$

となるようにしている。但し、R1は、定数でも、 δ_1 値が任意のXの増加に応じて増大するような関数であってもよい。

【0041】

鼓型ウォーム2の位置ズレによる、ホイール3のピッチ円と、鼓型ウォーム2のピッチ

円との干渉は、鼓型ウォーム 2 の中央部では きわめて小さく、両端側ほど多くなる。

【0042】

図 3 (b) に示すように、鼓型ウォーム 2 のピッチ円を繋げた包絡線の曲率をホイール 3 のピッチ円半径よりも大とすれば、図 3 (c) に示すように、鼓型ウォーム 2 の最小バックラッシュは、大きくすること無く、鼓型ウォーム 2 の両端側のバックラッシュを大きくすることが出来る。

【0043】

従って、バックラッシュに起因する歯面の打音を大きくすること無く、ミスアライメントによる歯面の干渉を防止することが出来、調整作業の公差を緩和できるので生産性を向上させることが出来る。

【0044】

また、ホイール 3 の少なくとも歯部を合成樹脂製とすることにより、撓み易くし、伝達トルクに応じて、ホイール 3 と、鼓型ウォーム 2 との噛み合い歯数を順次、増加させることが出来る。

【0045】

従って、伝達トルクに応じて増加する接触面圧の増加を、負荷圏を広げることで、小さく抑えることができ、摩耗耐久性を向上させることが出来る。

【0046】

さらに、鼓型ウォーム 2 の条数を多条化すると、全負荷時噛み合い歯数が大きくなるので、伝達トルクに応じた負荷圏の広がりを円滑に繋げることが出来、面圧の増加さらに滑らかにすることで、摩耗耐久性を向上させることが出来る。

【0047】

また、鼓型ウォーム 2 の場合、ピッチ円が干渉するので、円筒ウォームのように組み付けられないので、鼓型ウォーム 2 をホイール 3 に噛み合わせた状態で両端側から軸受けを組み付ける。軸受 6 の端面位置をスナップリング 8 等で調整して、ミスアライメントの調整を行う。

【0048】

また、上記 EPS の鼓型ウォームを用いた減速機においては、円筒ウォームを用いた減速機に比較して、鼓型ウォームの軸方向の組み立て誤差による影響が大きくなる。円筒ウォームは、ウォーム軸方向位置によって噛み合いは変わらないが、鼓型ウォームはウォーム軸方向組み立て誤差が大きいと、ウォームとウォームホイールの噛み合いにおいて、全く余裕が無くなって駆動力を弱める摩擦抵抗が発生する、即ち、競りが発生する部分が出るという問題点が考えられる。

【0049】

例えば、図 20 に示した鼓型ウォーム 2 とウォームホイール 3 の噛み合いにおいては、同図 (b) から明らかなように、競りは発生していない。しかし、図 21 に示すように、ウォームホイール 3 の軸中心から図中右方向を + 方向、図中左方向を - 方向とすると、鼓型ウォーム 2 の軸方向の取り付け位置が + 方向にずれる組み立て誤差 d が生じると、同図 (b) に示すように、鼓型ウォーム 2 とウォームホイール 3 の噛み合いに競りが発生 (P で示す部分) し、ウォーム 2 の中央から - 方向にいくほどその影響は大きくなる。

【0050】

同様に、図 22 に示すように、鼓型ウォーム 2 の軸方向の取り付け位置が - 方向にずれる組み立て誤差 d が生じると、同図 (b) に示すように、噛み合いに競りが発生 (P で示す部分) し、ウォーム 2 の中央から + 方向にいくほどその影響は大きくなる。

【0051】

このように、鼓型ウォーム 2 とウォームホイール 3 の間で競りが発生すると、それが減速機の作動不良、効率低下等の原因となって EPS の作動効率の低下につながり、結果としてハンドル戻りが悪くなるという不具合も生じる。

【0052】

そこで、以下に述べる本発明の実施形態では、鼓型ウォームを用いた減速機のウォーム

軸方向組み立て誤差によって生じる競り等の影響を極力抑えることができる電動パワーステアリング装置を提供する。

【0053】

図4は、本発明の実施形態に係る電動パワーステアリング装置の鼓型ウォーム減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛合い部の拡大図(b)、図5は、図4の鼓型ウォームを示す拡大図である。

【0054】

図4に示すように、本発明の第2実施形態は、ウォームギヤ機構のギヤハウジング1内に、鼓型ウォーム2と、この鼓型ウォーム2に噛み合ったウォームホイール3とが収納しており、ギヤハウジング1の側方には、鼓型ウォーム2を駆動する電動モータ4が装着してある。鼓型ウォーム2は、ギヤハウジング1内に固定された軸受6, 7を介してハウジング1内に回転自在に取り付けられている。ウォームホイール3は、操舵機構の出力軸5(例えば、ピニオン軸、コラム軸)に外嵌・固定され、この出力軸5はトーションバー5aを内嵌している。

【0055】

この構成により、図示しないステアリングホイールに印加された操舵トルクに応じて、電動モータ4の駆動力を鼓型ウォーム2とウォームホイール3により減速した補助操舵トルクを発生して、操舵機構の出力軸5に伝達するようになっている。

【0056】

また、鼓型ウォーム2の場合、ピッチ円が干渉して円筒ウォームのように組み付けられない。そのため、鼓型ウォーム2をウォームホイール3に噛み合わせた状態において、両端側から軸受6, 7を組み付けている。即ち、軸受6, 7は、それぞれスナップリング8(モータ取付孔10側)やカバー9(軸端側)により調整可能に取付けてあり、軸受6, 7の端面位置をスナップリング8やカバー9の端面位置等で調整して、ミスアライメントの調整を行えるようになっている。

【0057】

この鼓型ウォーム2は、図5にも示すように、波線で示す形状から、歯厚調整加工を施して各歯厚を微小量削減して薄くし、実線で示す形状に成形したものである。

【0058】

図4(a)において、ウォームホイール3は、ウォーム2の正作動による入力でCCW回転(反時計回り)している状態を表しており、同図(b)に示すように、ウォーム2とウォームホイール3の噛み合いにおいて、この状態では全体的に競りは発生していない。

【0059】

図6は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(+方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛合い部の拡大図(b)、図6は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォーム軸方向(-方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛合い部の拡大図(b)である。

【0060】

上記の構成において、減速機(ウォームギヤ機構)の組み立ての際、鼓型ウォーム2の軸方向の組み立て誤差が生じた場合、例えば、図6に示すように、ウォームホイール3の軸中心から図中右方向を+方向、図中左方向を-方向とすると、鼓型ウォーム2の軸方向の取り付け位置が+方向にdだけずれる組み立て誤差が生じて、同図(b)に示すように、鼓型ウォーム2とウォームホイール3の噛み合いにおいて、図21の例の場合、ウォーム2の中央から-方向にいくほど大きく影響が出ていた競りを最小限度に抑えることができる。

【0061】

同様に、図7に示すように、鼓型ウォーム2の軸方向の取り付け位置が-方向にずれる組み立て誤差dが生じて、同図(b)に示すように、噛み合いにおいて、図22の例の場合、ウォーム2の中央から+方向にいくほどその影響が出ていた競りを最小限度に抑えることができる。

【0062】

したがって、減速機の組み立てにおいて、鼓型ウォーム2の軸方向組み立て誤差が生じることがあっても、鼓型ウォーム2には歯厚調整加工が施されているので、ウォーム2とウォームホイール3の噛み合いにおいて競りが発生するのを極力抑えることができ、減速機の作動不良や効率低下等を抑えることができる。

【0063】

次に、本発明の第3実施形態について、図8～図11を参照して説明する。

【0064】

図8は、本発明の第3実施形態に係る電動パワーステアリング装置の鼓型ウォーム減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛み合い部の拡大図(b)、図9は、図8の鼓型ウォームを示す拡大図である。

【0065】

この第3実施形態は、上記第2実施形態と略同様であって、同一部材及び部分には同一番号を付しており、重複する説明は省略する。異なっているのは、図8及び図9に示すように、鼓型ウォーム2の歯厚調整加工は、その軸方向中心部から両端部へいくにしたがって歯厚を徐々に薄くしている点である。図9に示すように、鼓型ウォーム2は、波線で示す歯厚形状から、歯厚調整加工により実線で示す形状へ成形している。同図において、鼓型ウォーム2の中央部はほとんど加工せず、あるいは微小量だけの加工とし、両端部の歯ほど削減量を増やしている。

【0066】

図8(a)において、ウォームホイール3は、ウォーム2の正作動による入力でCCW回転(反時計回り)している状態を表しており、同図(b)に示すように、ウォーム2とウォームホイール3の噛み合いにおいて、この状態では全体的に競りは発生していない。

【0067】

図10はウォームの歯厚とウォームホイールの中心からの角度との関係を示すグラフ(a)及びグラフを説明する図(b)である。

【0068】

図10(b)に示すように、ウォームホイール3の中心及びウォーム2の軸方向の中心を通る直線をLとすると、ウォーム2における直線Lを中心とする図中左右方向の位置を、この位置とウォームホイール3の中心を通るもう一つの直線Mと、直線Lとのなす角度 θ で表す。この場合、同図(a)のグラフは、鼓型ウォーム2の歯厚は、 $|\theta|$ が大きくなるにしたがって、即ち、両端部へ行くにしたがって徐々に小さくなっていることを示している。同図において、波線は $|\theta|$ が大きくなるほど歯厚は徐々に小さくなる型、2点鎖線は $|\theta|$ が大きくなるほど歯厚の減少の割合が大きくなる型、実線は $|\theta|$ が大きくなるのに比例して歯厚が減少する型、をそれぞれ示している。

【0069】

図11は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォーム軸方向(+方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛み合い部の拡大図(b)、図12は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(-方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛み合い部の拡大図(b)である。

【0070】

上記の構成において、減速機の組み立ての際、鼓型ウォーム2の軸方向の組み立て誤差が生じた場合、例えば、図11に示すように、鼓型ウォーム2の軸方向の取り付け位置が+方向にdだけずれる組み立て誤差が生じて、同図(b)に示すように、鼓型ウォーム2とウォームホイール3の噛み合いにおいて、図20に示す例の場合、ウォーム2の中央から一方向にいくほど大きく影響が出ていたのに対応して競りを緩和し、抑えることができる。

【0071】

同様に、図12に示すように、鼓型ウォーム2の軸方向の取り付け位置が一方向にずれる組み立て誤差dが生じて、同図(b)に示すように、噛み合いにおいて図21の例の

場合、ウォーム 2 の中央から＋方向にいくほど大きく影響が出ていたのに対応して競りを緩和することができる。

【0072】

したがって、第 2 実施形態と同様に、競りに起因する減速機の作動不良や効率低下等を抑えることができる。また、ウォーム 2 の中心部では軸方向の組み立て誤差の影響は少ないので、この第 3 実施形態のように、ウォーム 2 中心部での歯厚加工を両端側よりも少なくすることによって、歯厚調整加工によるバックラッシュ量の増加を抑えることができる。

【0073】

さらに、図 13 は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの低トルク伝達時のウォームホイールとの噛み合いを示す説明図、図 14 は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの高トルク伝達時のウォームホイールとの噛み合いを示す説明図である。

【0074】

減速機における低トルク伝達時には、図 13 に示すように、ウォーム 2 の中心部の歯のみウォームホイール 3 と噛み合うという少ない噛み合い量でトルクを伝達することができ、高トルク伝達時には、図 14 に示すように、ウォームホイール 3 が撓むため、ウォーム 2 のすべての歯でウォームホイール 3 と噛み合うという大きい噛み合い量でトルクを伝達することができる。このように、トルクに応じた噛み合い量で伝達することができるので、常に大きい噛み合い量で伝達するのに比べて、強度を維持しながらも伝達効率を向上させることができるという効果も期待することができる。

【0075】

次に、第 4 実施形態について、図 15～図 19 を参照して説明する。

【0076】

図 15 は、本発明の第 4 実施形態に係る電動パワーステアリング装置の鼓型ウォーム減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛み合い部の拡大図 (b)、図 16 は、図 15 の鼓型ウォームを示す拡大図である。

【0077】

この第 4 実施形態は、上記第 3 実施形態と略同様であって、同一部材及び部分には同一番号を付しており、重複する説明は省略する。図 15 及び図 16 に示すように、鼓型ウォーム 2 の歯厚調整加工は、その軸方向中心部から両端部へ行くにしたがって歯厚を徐々に薄くしているのは第 3 実施形態と同様であるが、異なっているのは、鼓型ウォーム 2 の中央部の所定区間には歯厚調整加工を施していない点である。図 16 に示す鼓型ウォーム 2 において、波線で示す歯厚形状から実線で示す形状へ歯厚調整加工を実施している。同図において、ウォーム 2 の中央部の区間 W には加工を施さず、それ以外の区間では両端部へ行くほど歯厚を薄くする加工量を増やしている。

【0078】

図 15 (a) において、ウォームホイール 3 は、ウォーム 2 の正作動による入力で CCW 回転 (反時計回り) している状態を表しており、同図 (b) に示すように、ウォーム 2 とウォームホイール 3 の噛み合いにおいて、この状態では全体的に競りは発生していない。

【0079】

図 17 はウォームの歯厚とウォームホイールの中心からの角度との関係を示すグラフ (a) 及びグラフを説明する図 (b) である。

【0080】

図 17 (b) に示すように、ウォームホイール 3 の中心とウォーム 2 の中心を通る直線 L に対する図中左右方向のウォーム 2 上の位置を、この位置とウォームホイール 3 の中心を通るもう一つの直線 M と、直線 L とのなす角度 θ で表すと、同図 (a) のグラフでは、鼓型ウォーム 2 の歯厚は、 $|\theta|$ が所定範囲である中央部の区間 W では歯厚調整加工を全く施していないので一定となり、 $|\theta|$ がさらに大きくなる範囲では歯厚が徐々に小さくなっていることを示している。同図において、波線は、 $|\theta|$ が区間 W を越える範囲で大きくなるほど歯厚は徐々に小さくなる型、2 点鎖線は、 $|\theta|$ が区間 W を越える範囲で大

きくなるほど歯厚の減少の度合いが大きくなる型、実線は $|\theta|$ が区間Wを越える範囲で大きくなるのに比例して歯厚が減少する型、太い波線は、 $|\theta|$ が区間Wを越える範囲では歯厚が小さくなって一定の薄さが保たれる型、をそれぞれ示している。

【0081】

図18は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(+方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛み合い部の拡大図(b)、図19は、歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(-方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図(a)及び噛み合い部の拡大図(b)である。

【0082】

上記の構成において、減速機の組み立ての際、鼓型ウォーム2の軸方向の組み立て誤差が生じた場合、例えば、図18に示すように、鼓型ウォーム2の軸方向の取り付け位置が+方向にdだけずれる組み立て誤差が生じて、同図(b)に示すように、鼓型ウォーム2とウォームホイール3の噛み合いにおいて、図21の例の場合、ウォーム2の中央から一方向にいくほど大きく影響が出ていたのに対応して競りを緩和し、抑えることができる。

【0083】

同様に、図19に示すように、鼓型ウォーム2の軸方向の取り付け位置が一方向にずれる組み立て誤差dが生じて、同図(b)に示すように、噛み合いにおいて図22の例の場合、ウォーム2の中央から+方向にいくほど大きく影響が出ていたのに対応して競りを緩和することができる。

【0084】

したがって、第2実施形態と同様に、競りに起因する減速機の作動不良や効率低下等を抑えることができる。また、ウォーム2の中心部では軸方向の組み立て誤差の影響は少ないので、この第4実施形態のように、ウォーム2中心部に歯厚調整加工を施さない区間Wを設けることによって、歯厚調整加工によるバックラッシュ量の増加を抑えることができる。

【0085】

さらに、減速機での低トルク伝達時には、図13に示すように、歯厚調整加工をしていない区間の歯のみウォームホイール3と噛み合うという少ない噛み合い量でトルクを伝達することができ、高トルク伝達時には、図14に示すように、ウォームホイール3が撓むため、歯厚調整加工をした区間を含む全ての歯でウォームホイール3と噛み合うという大きい噛み合い量でトルクを伝達することができる。このように、トルクに応じた噛み合い量で伝達することができるので、強度を維持しながらも伝達効率を向上させることができるという効果も期待することができる。

【0086】

第2～第4実施形態によれば、鼓型ウォームに歯厚調整加工を施すことにより、鼓型ウォームとウォームホイールとの噛み合いに競りが発生するのを抑えることができ、ウォームギヤ機構の作動不良、効率低下等を抑えることができる。

【0087】

また、鼓型ウォームの軸方向の中心部から両端部へ行くほど歯厚が薄くなるように成形することにより、減速機での低トルク伝達時には、少ない噛み合い量でトルクを伝達することができ、高トルク伝達時には、ウォームホイールが撓むため、大きい噛み合い量でトルクを伝達することができるので、強度を維持しながらも伝達効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】本発明の第1実施の形態に係る電動パワーステアリング装置の縦断面図である。

【図2】(a)は、図1に示した電動パワーステアリング装置の縦断面図であり、(b)は、鼓型ウォームのピッチ円とホイールのピッチ円の関係を示す模式図である。

【図 3】 (a) は、図 1 に示した電動パワーステアリング装置の縦断面図であり、(b) は、鼓型ウォームのピッチ円包絡線とホイールのピッチ円の関係を示す模式図であり、(c) は、バックラッシュの大小を示す模式図である。

【図 4】 本発明の第 2 実施形態に係る電動パワーステアリング装置の鼓型ウォーム減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛合い部の拡大図 (b)。

【図 5】 図 4 の鼓型ウォームを示す拡大図。

【図 6】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(+方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛合い部の拡大図 (b)。

【図 7】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォーム軸方向(-方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛合い部の拡大図 (b)。

【図 8】 本発明の第 3 実施形態に係る電動パワーステアリング装置の鼓型ウォーム減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛合い部の拡大図 (b)。

【図 9】 図 8 の鼓型ウォームを示す拡大図。

【図 10】 ウォームの歯厚とウォームホイールの中心からの角度との関係を示すグラフ (a) 及びグラフを説明する図 (b)。

【図 11】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォーム軸方向(+方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛み合い部の拡大図 (b)。

【図 12】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(-方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛み合い部の拡大図 (b)。

【図 13】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの低トルク伝達時のウォームホイールとの噛み合いを示す説明図。

【図 14】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの高トルク伝達時のウォームホイールとの噛み合いを示す説明図。

【図 15】 本発明の第 4 実施形態に係る電動パワーステアリング装置の鼓型ウォーム減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛合い部の拡大図 (b)。

【図 16】 図 15 の鼓型ウォームを示す拡大図。

【図 17】 ウォームの歯厚とウォームホイールの中心からの角度との関係を示すグラフ (a) 及びグラフを説明する図 (b)。

【図 18】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(+方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛み合い部の拡大図 (b)。

【図 19】 歯厚調整加工を施した鼓型ウォームの軸方向(-方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛み合い部の拡大図 (b)。

【図 20】 歯厚調整加工を施していない電動パワーステアリング装置の鼓型ウォーム減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛合い部の拡大図 (b)。

【図 21】 歯厚調整加工を施していない鼓型ウォームの軸方向(+方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛み合い部の拡大図 (b)。

【図 22】 歯厚調整加工を施していない鼓型ウォームの軸方向(-方向)組み立て誤差有りの減速機を示す軸方向断面図 (a) 及び噛み合い部の拡大図 (b)。

【図 23】 従来に係る電動パワーステアリング装置の縦断面図である。

【図 24】 (a) は、図 23 に示した電動パワーステアリング装置の縦断面図であり、(b) は、円筒ウォームのピッチ円とホイールのピッチ円の関係を示す模式図である。

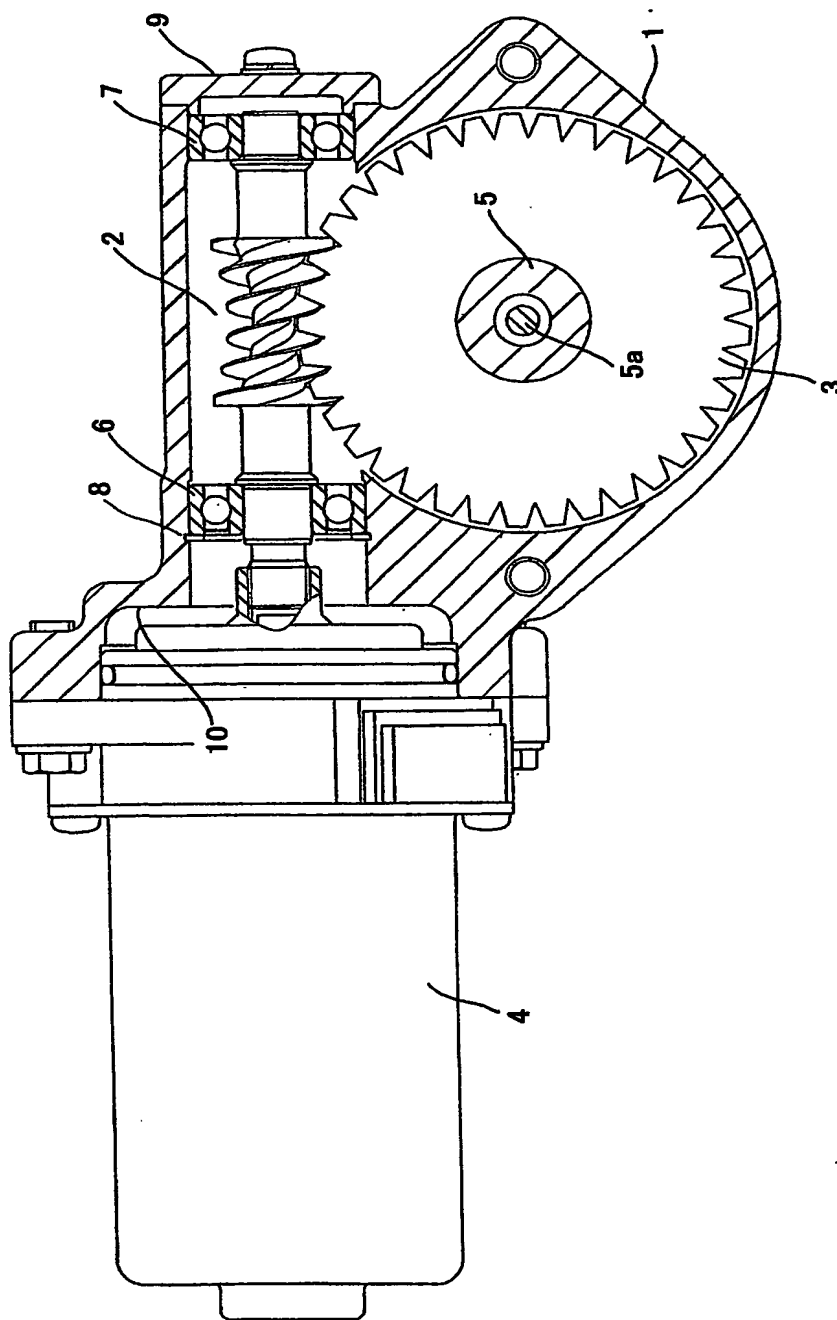
【符号の説明】

【0089】

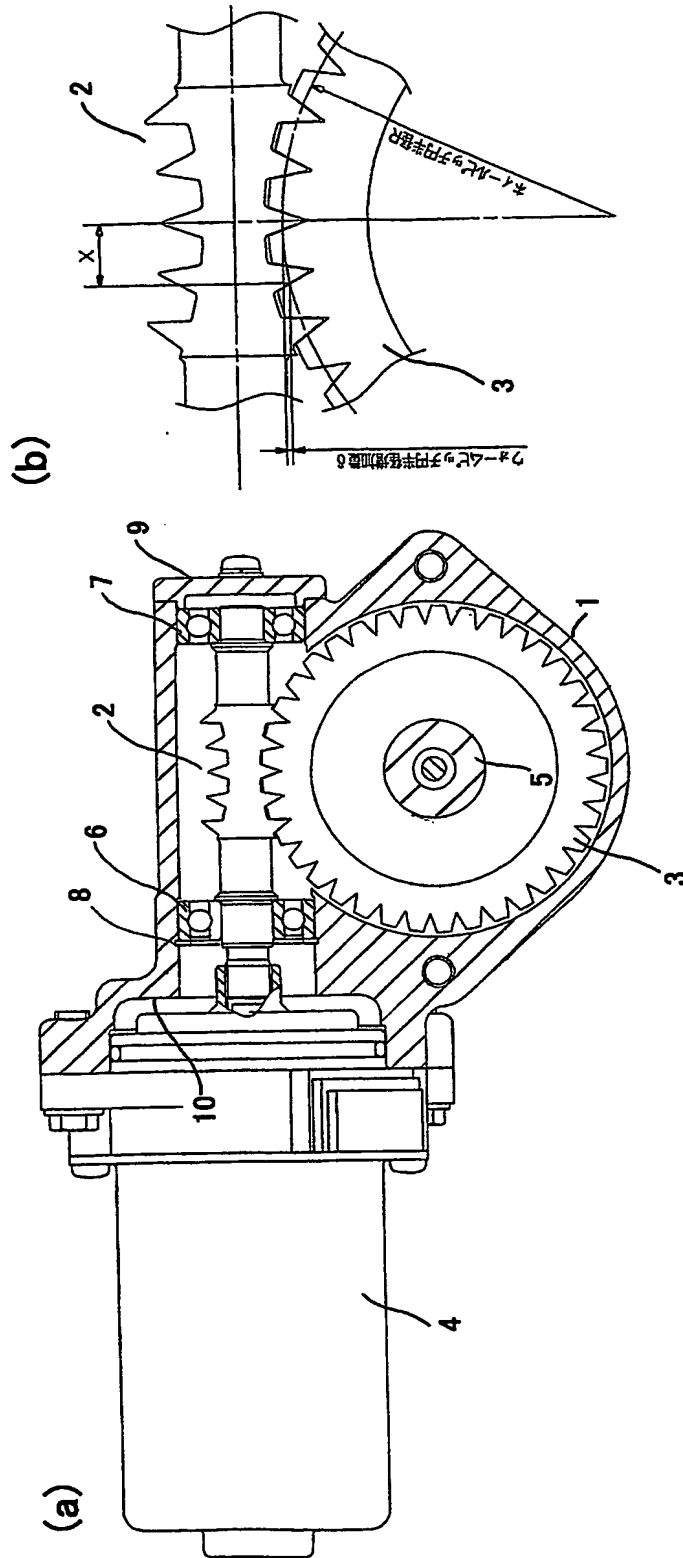
- 1 ギヤハウジング
- 2 鼓型ウォーム
- 3 ウォームホイール
- 4 電動モータ
- 5 出力軸
- 5a トーションバー

- 6 軸受
- 7 軸受
- 8 スナップリング
- 9 カバー
- 1 0 モーター側孔

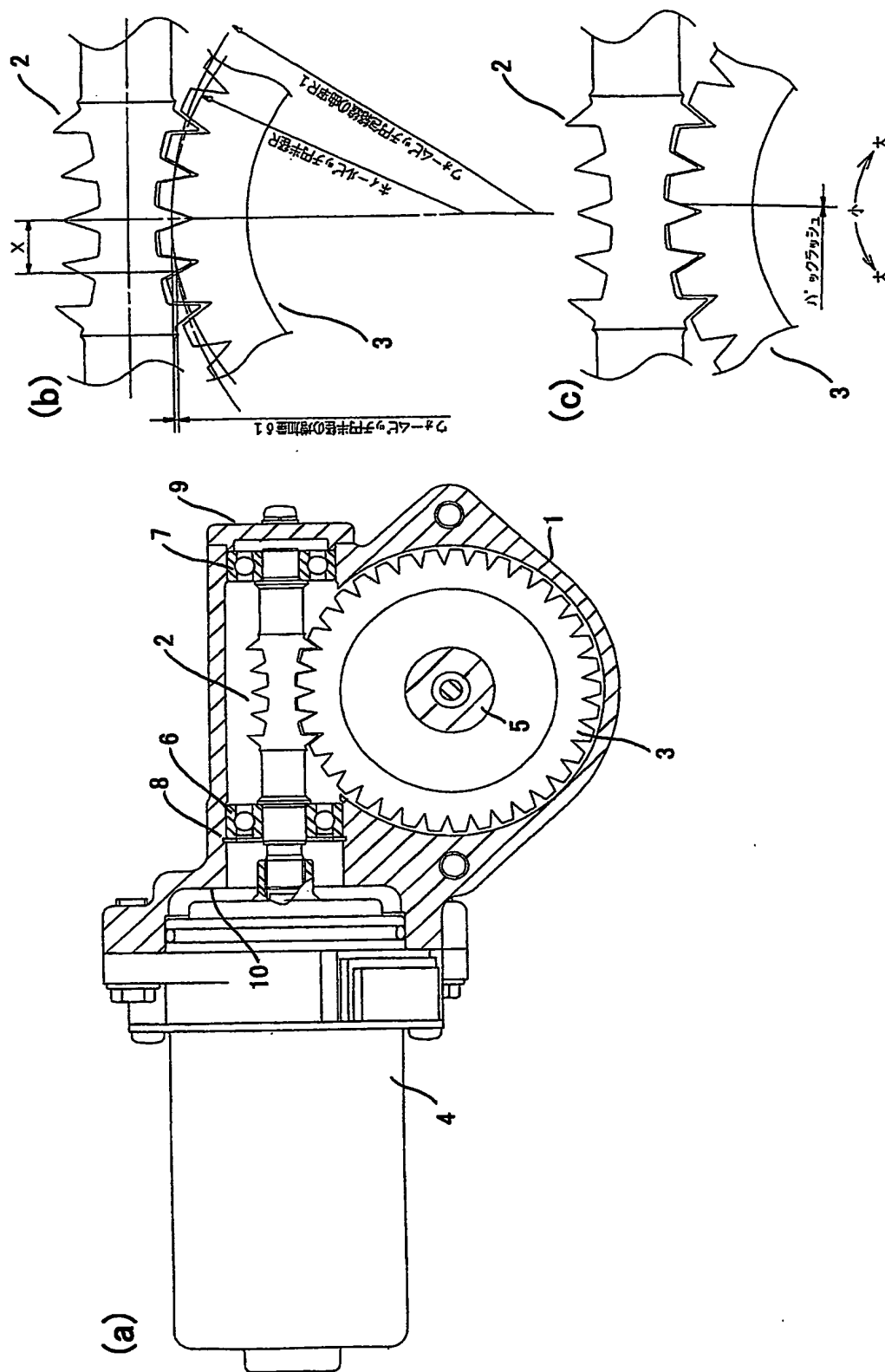
【書類名】 図面
【図 1】



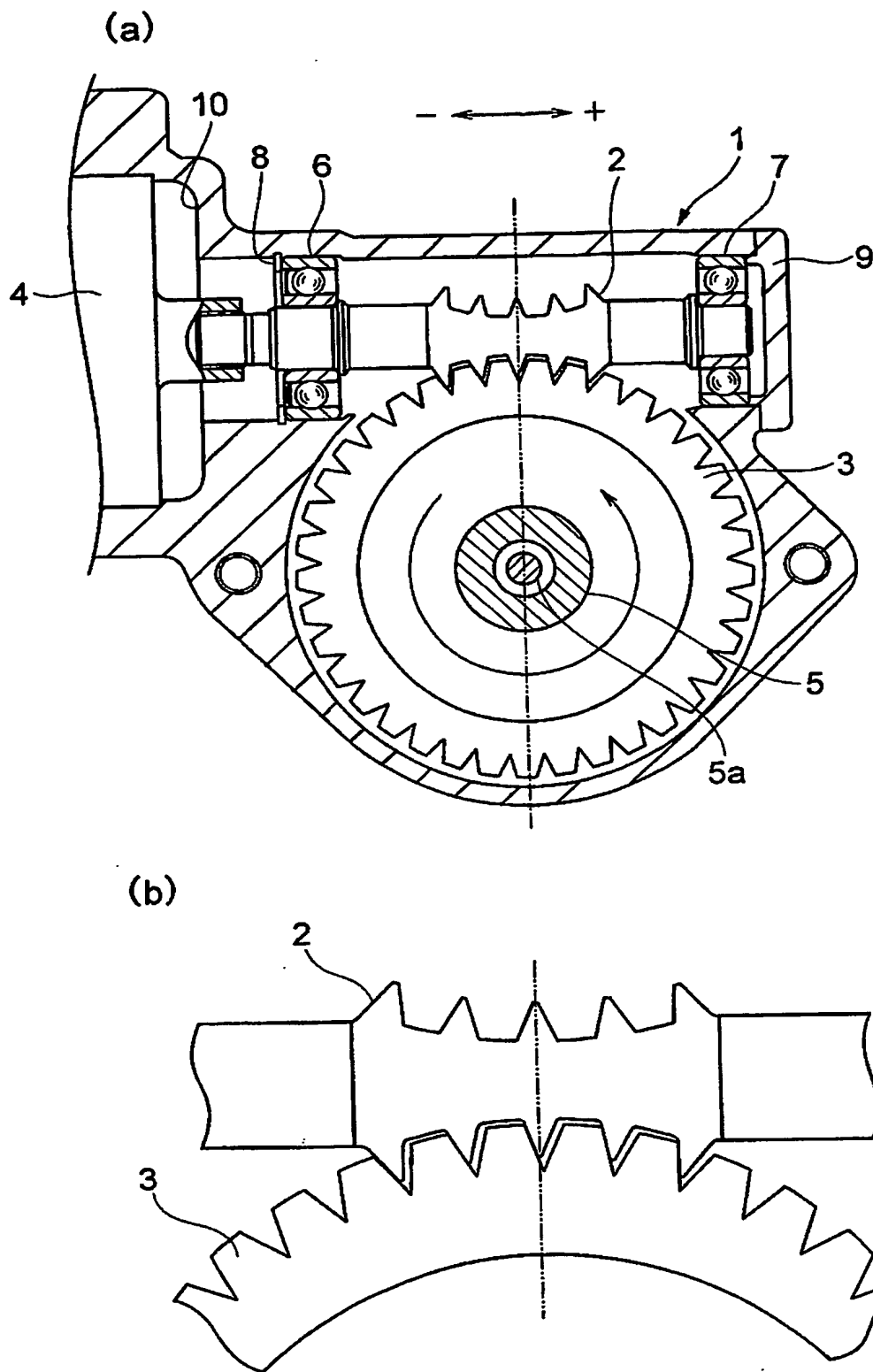
【図 2】



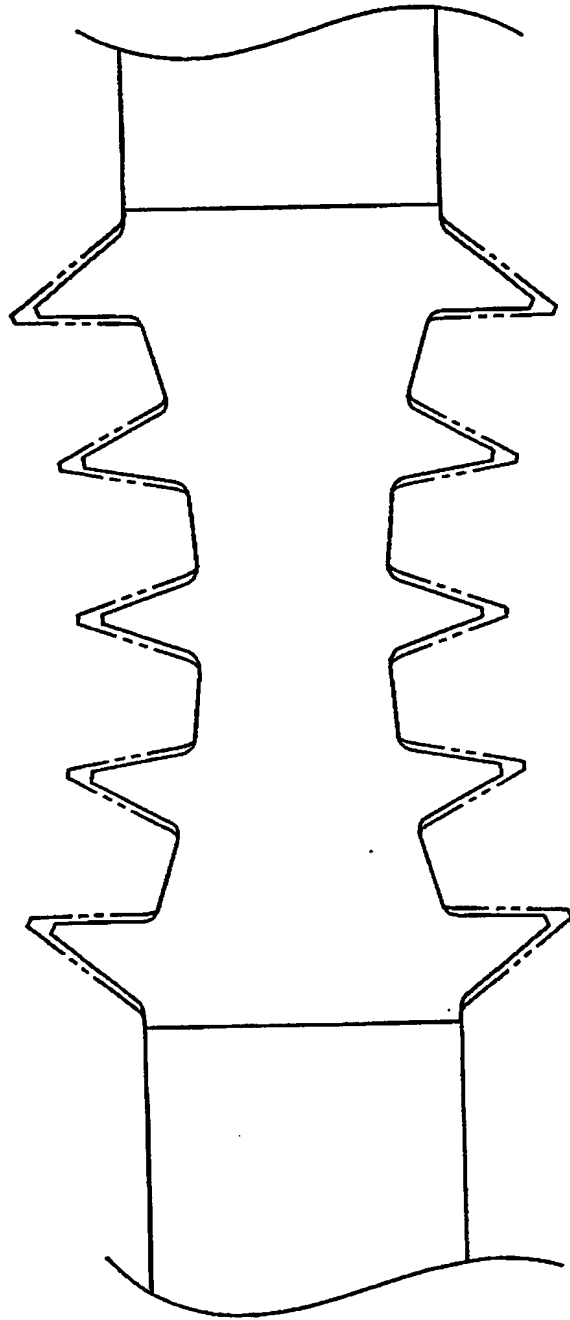
【図 3】



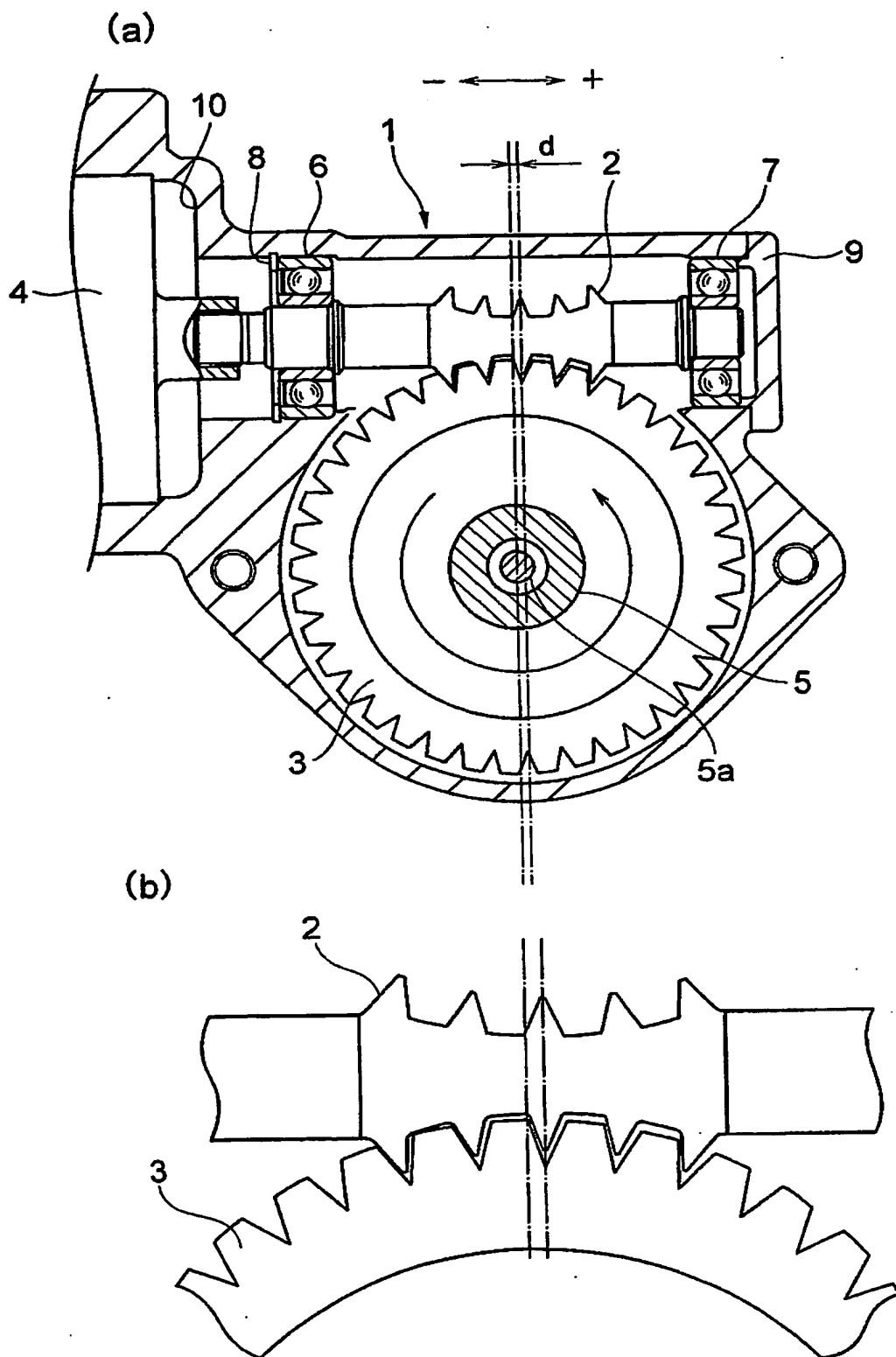
【図 4】



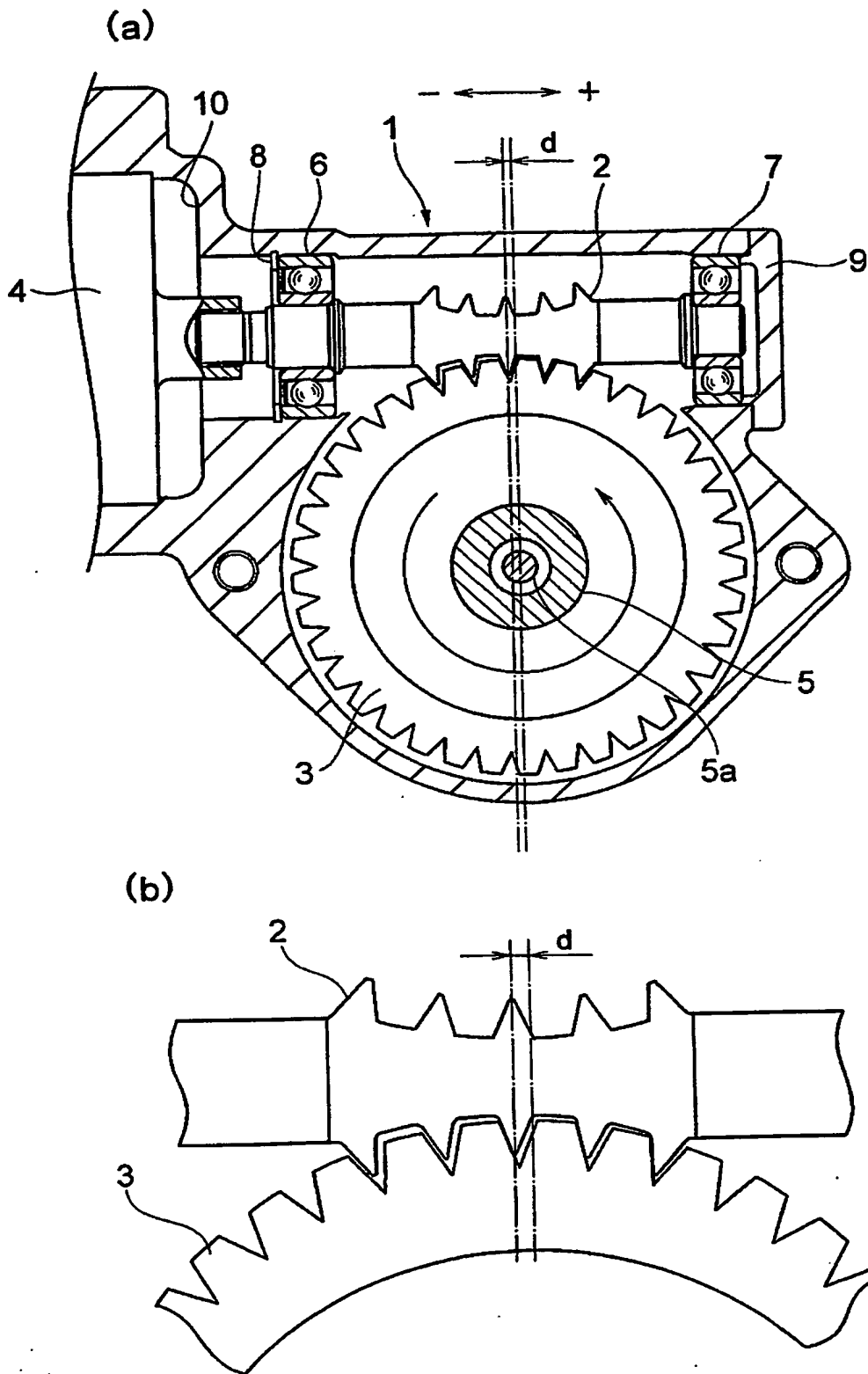
【図 5】



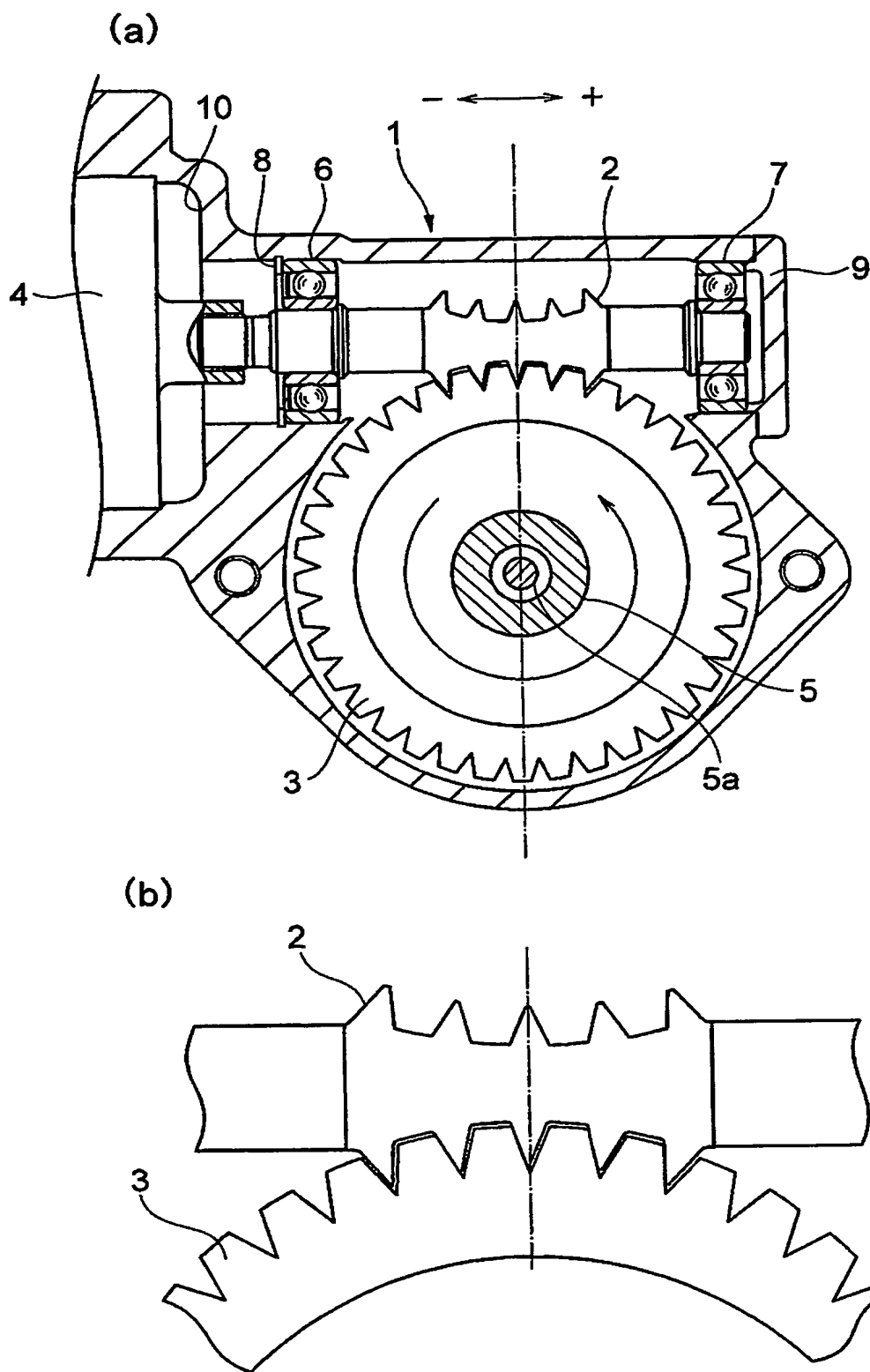
【図 6】



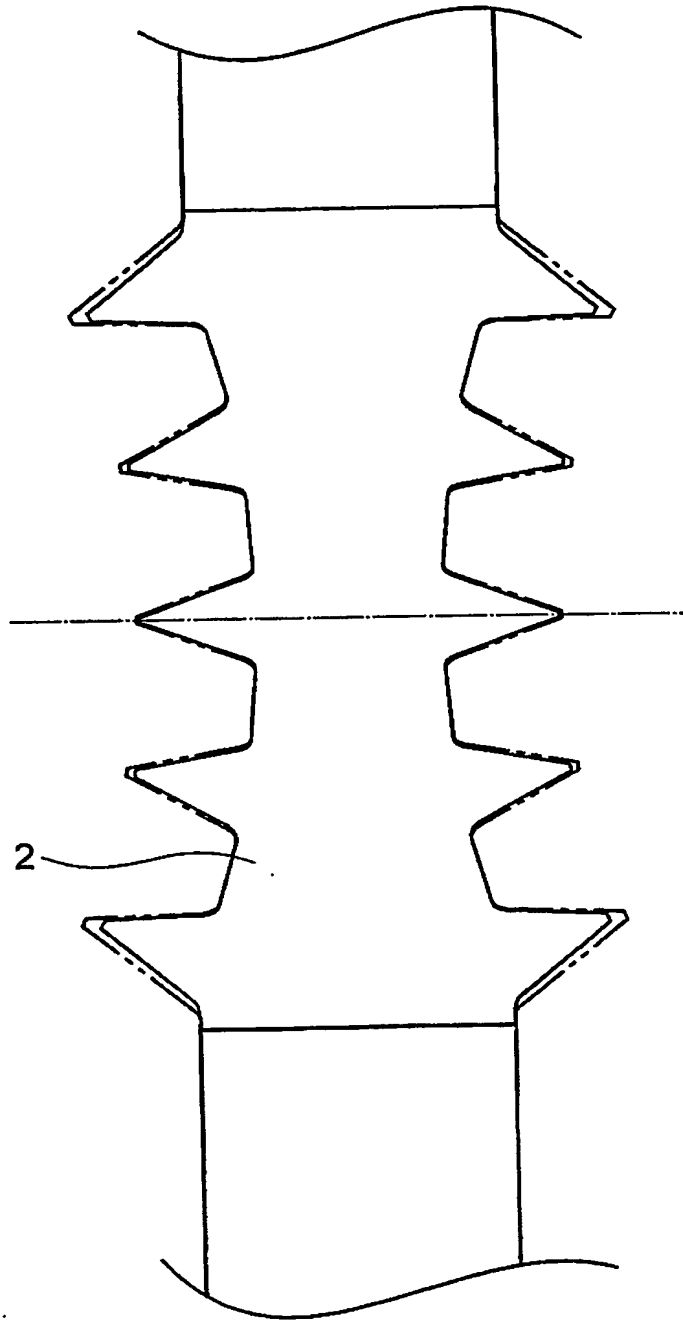
【図 7】



【図 8】

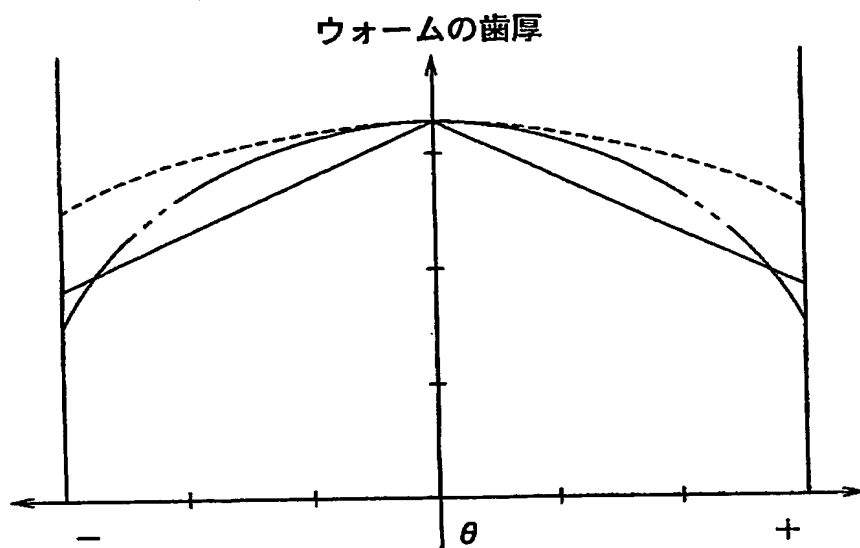


【図 9】

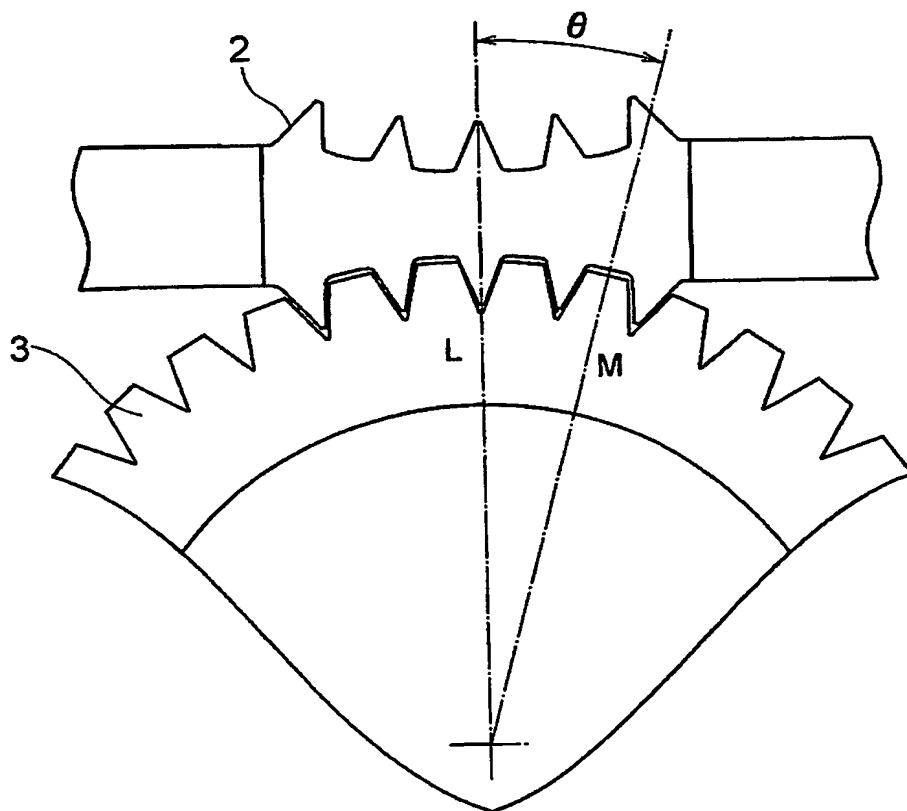


【図 10】

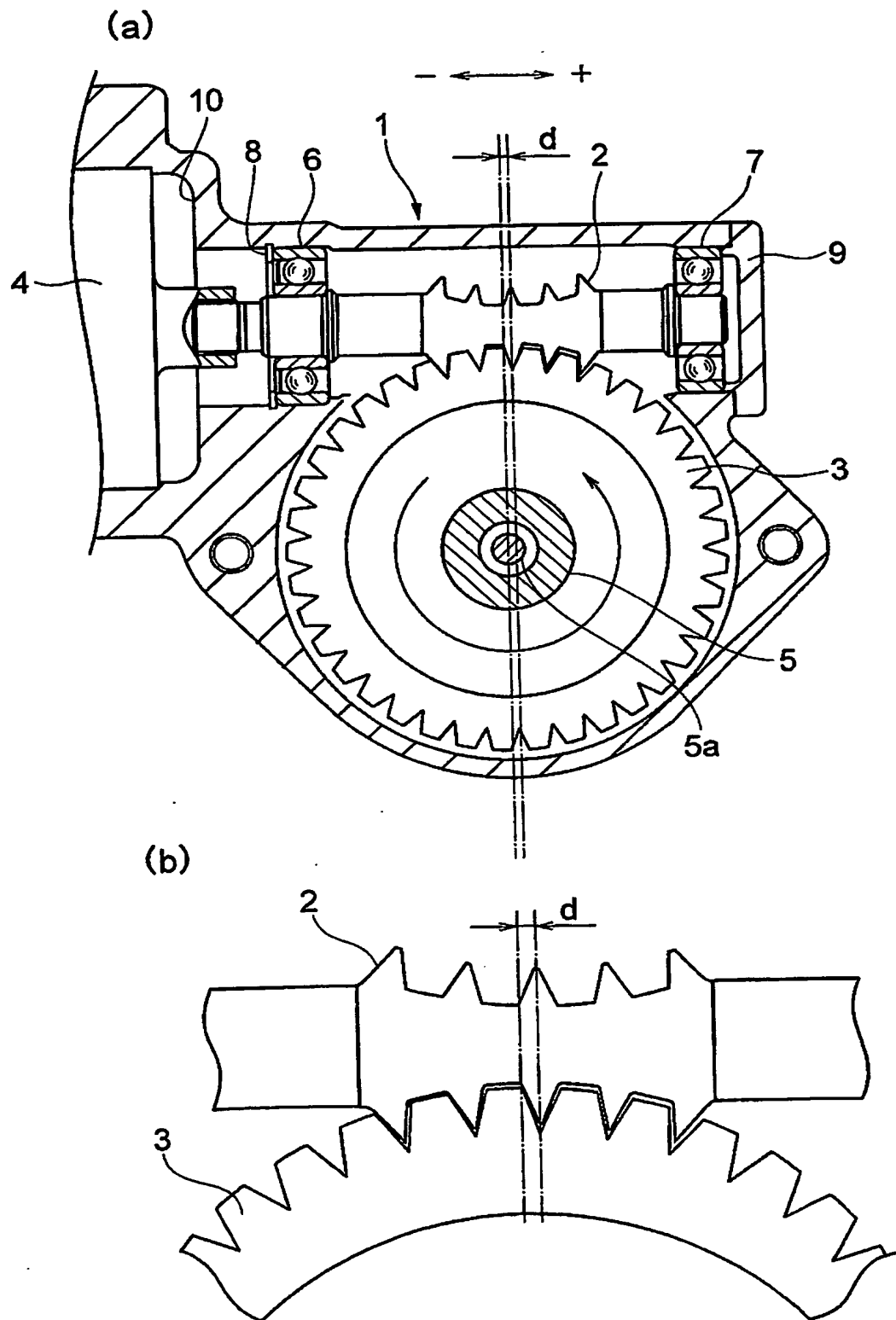
(a)



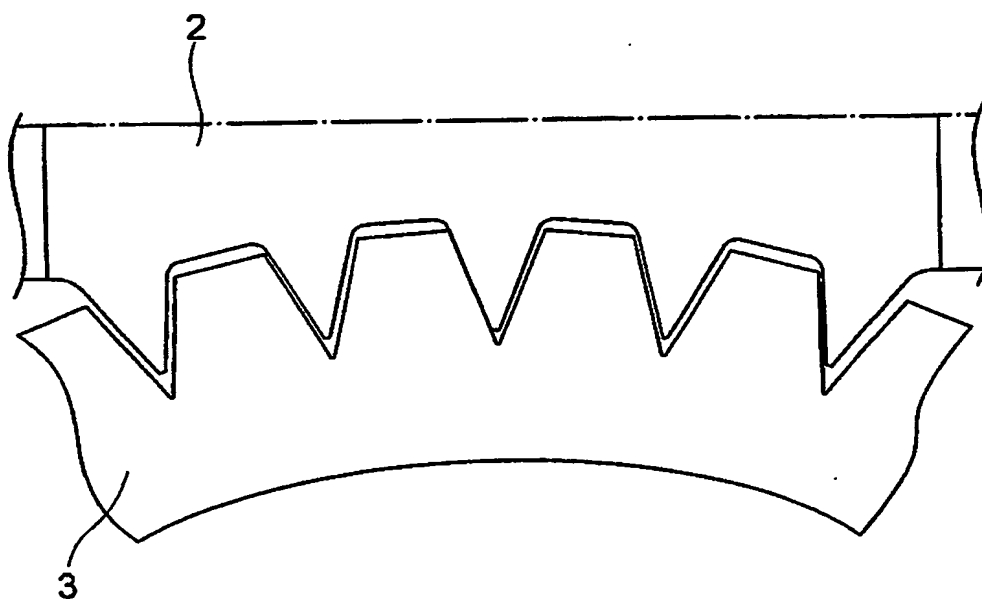
(b)



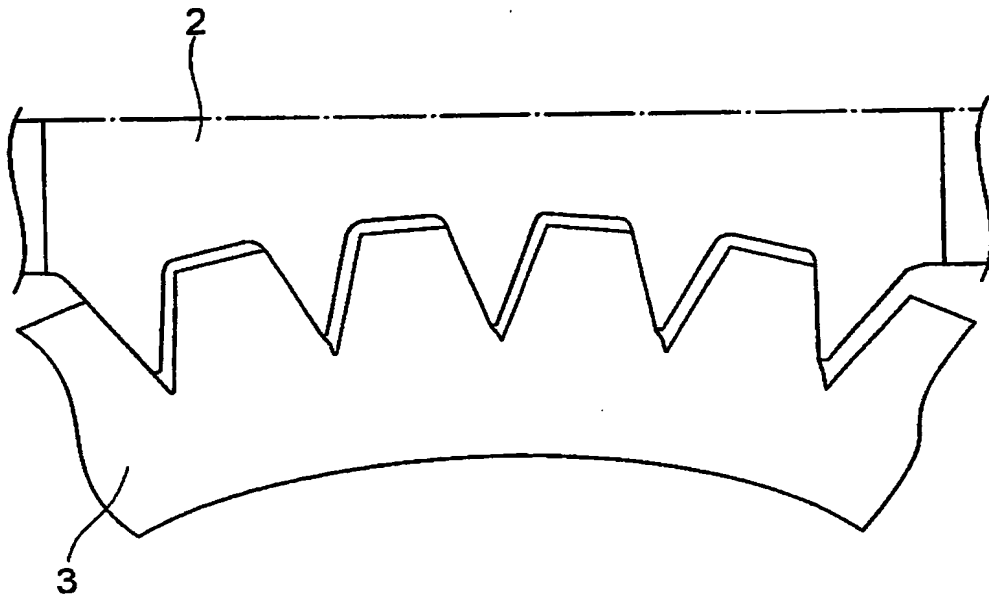
【図 11】



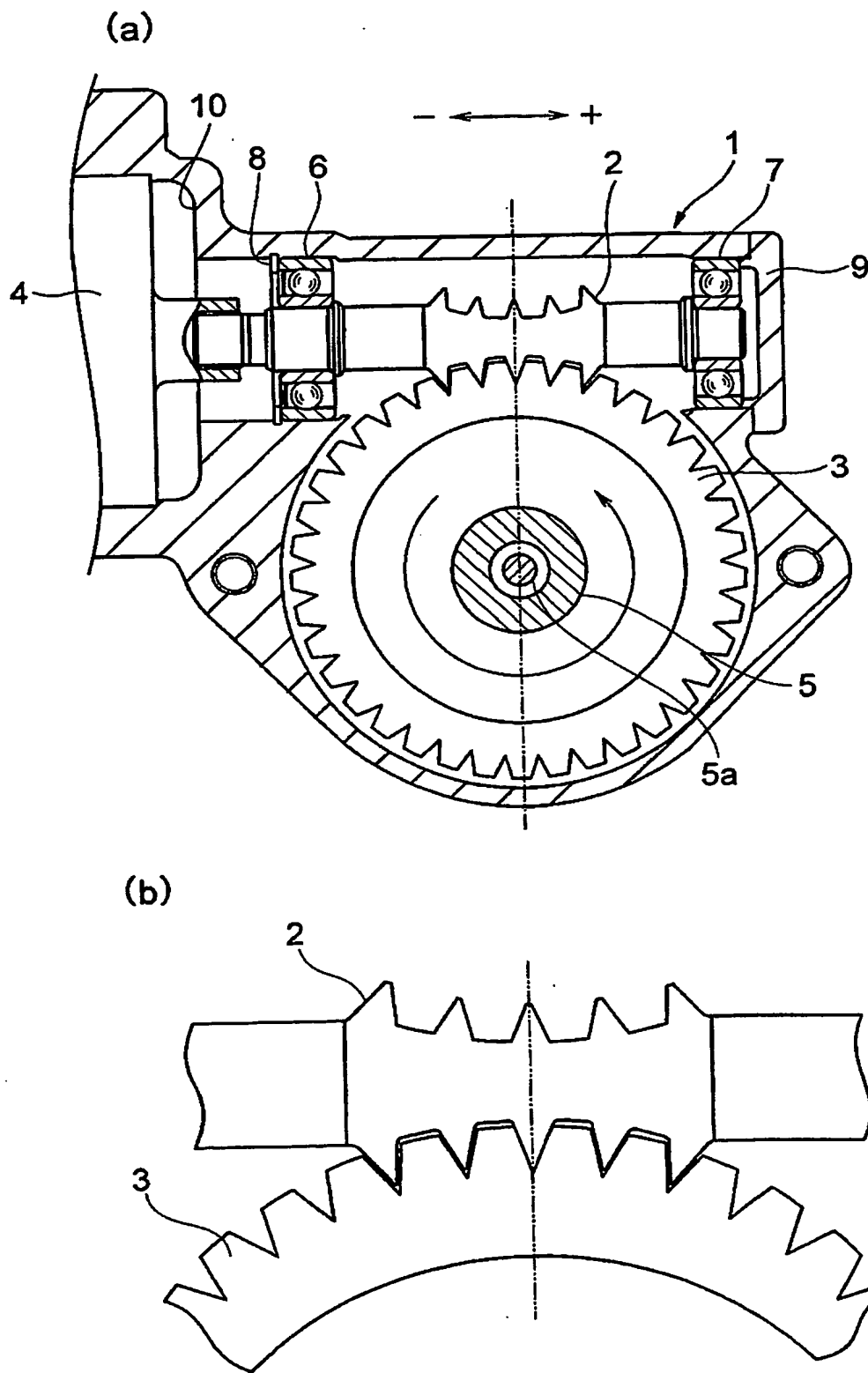
【図 13】



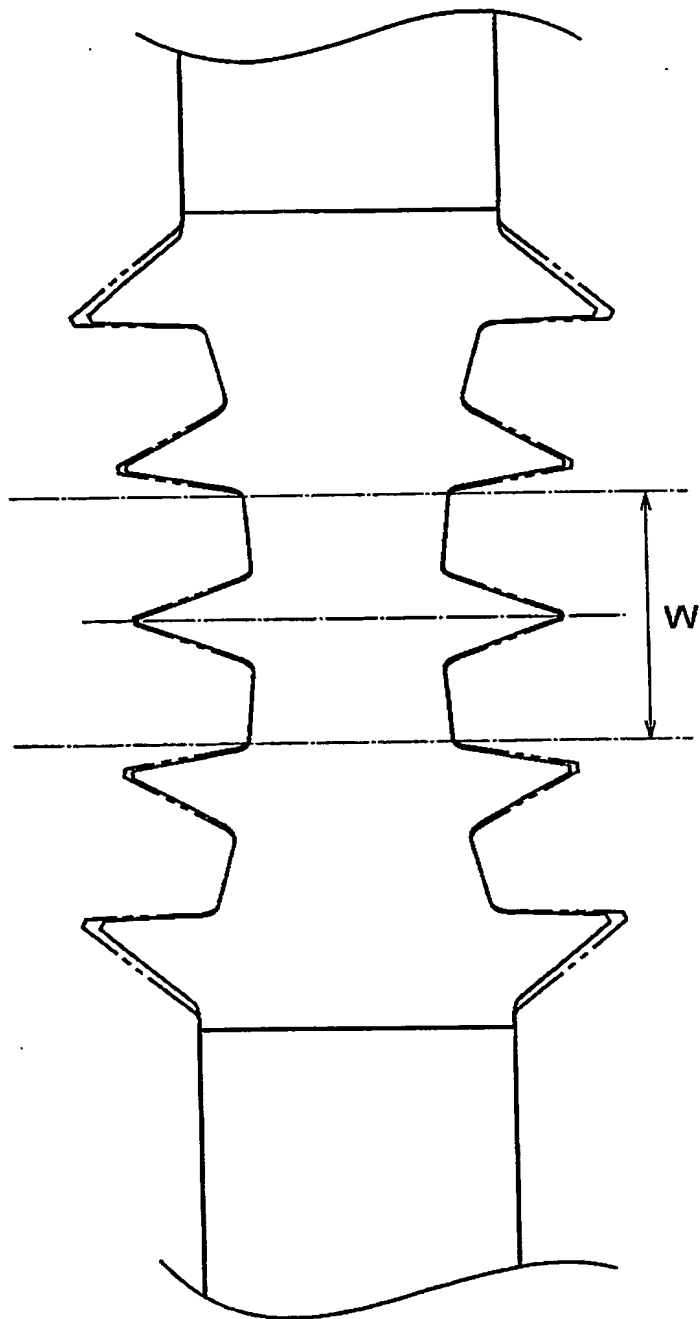
【図 14】



【図 15】

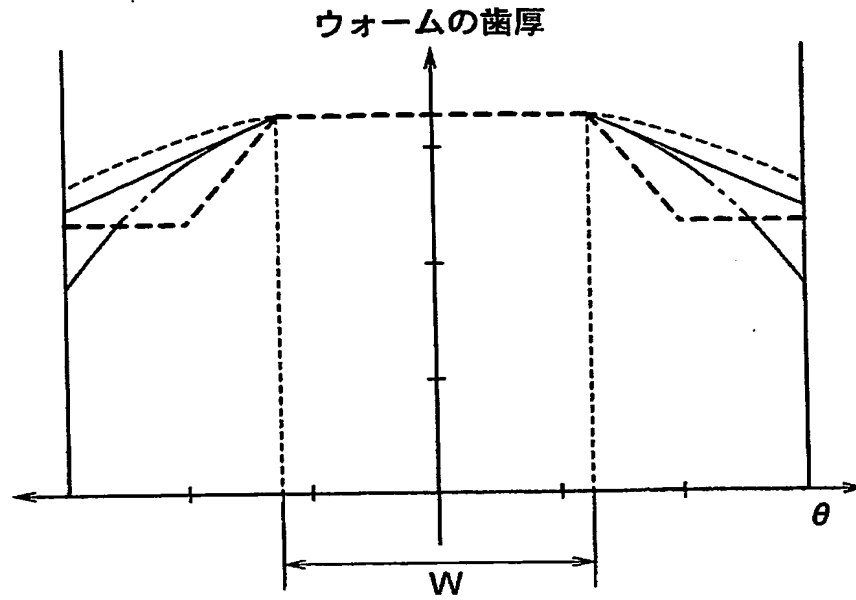


【図 16】

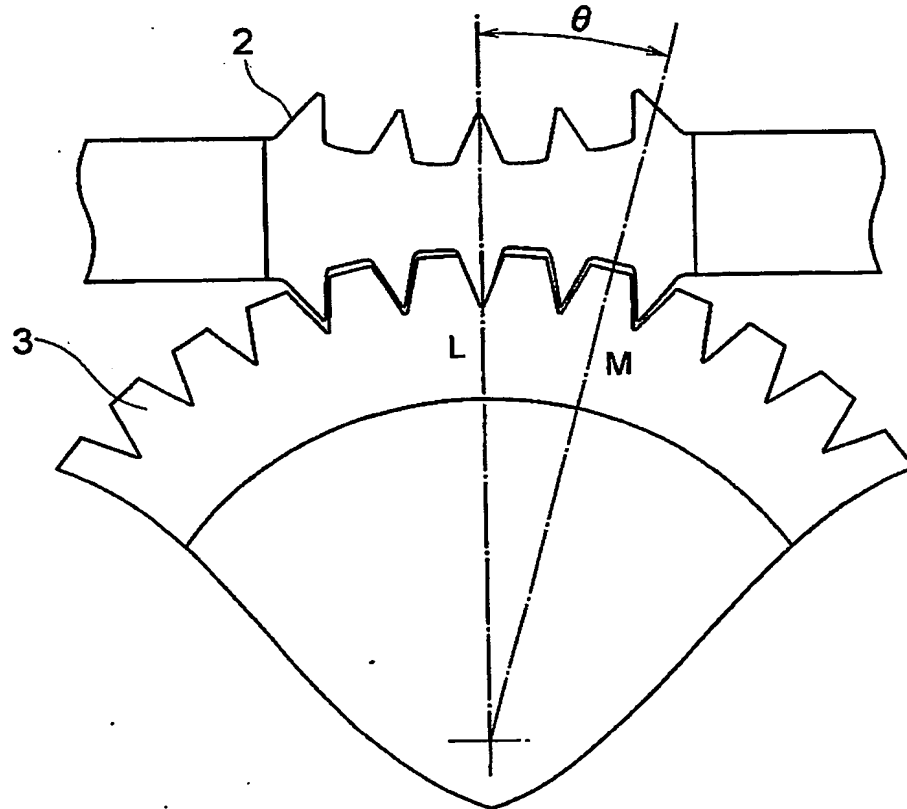


【図 17】

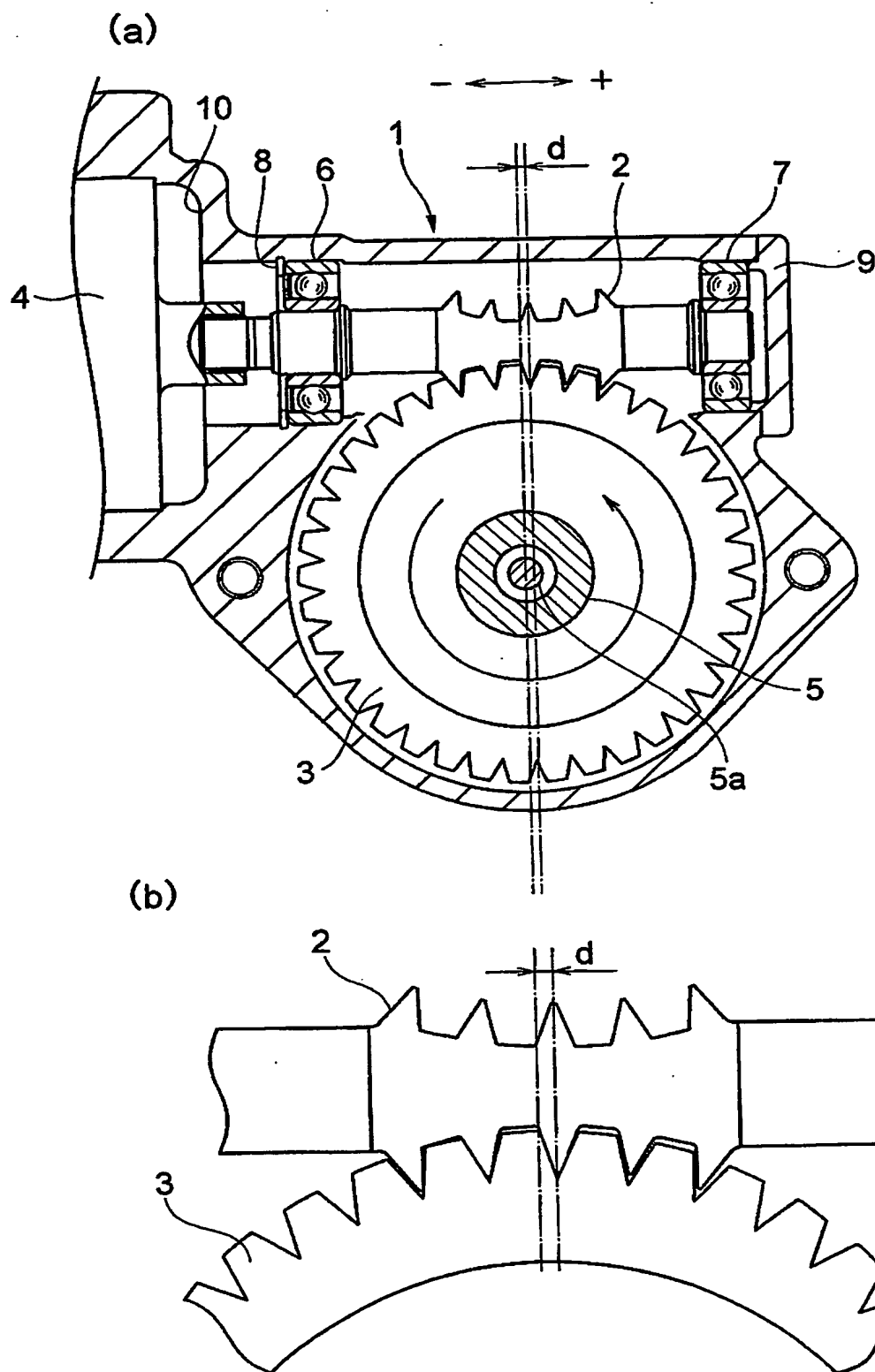
(a)



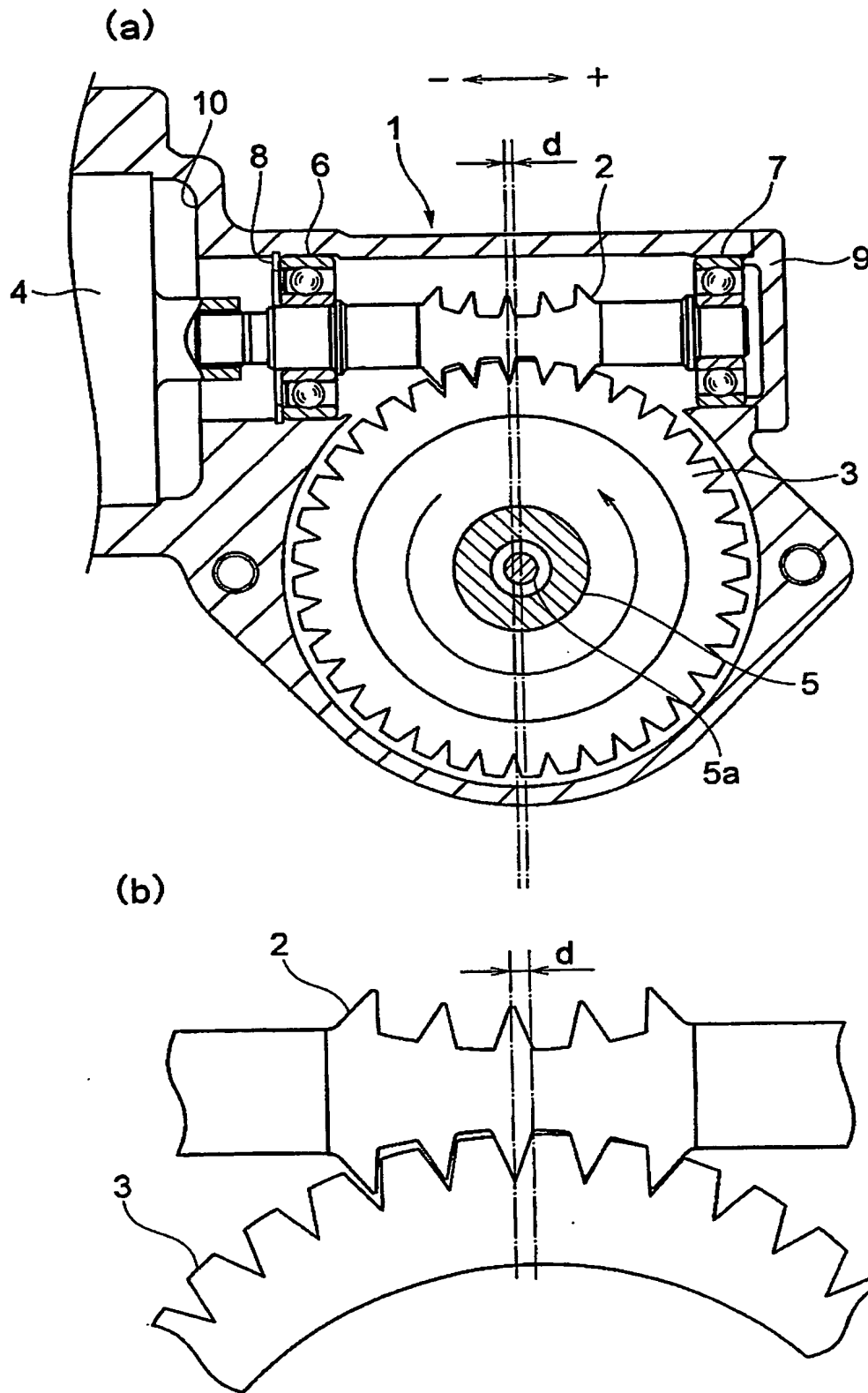
(b)



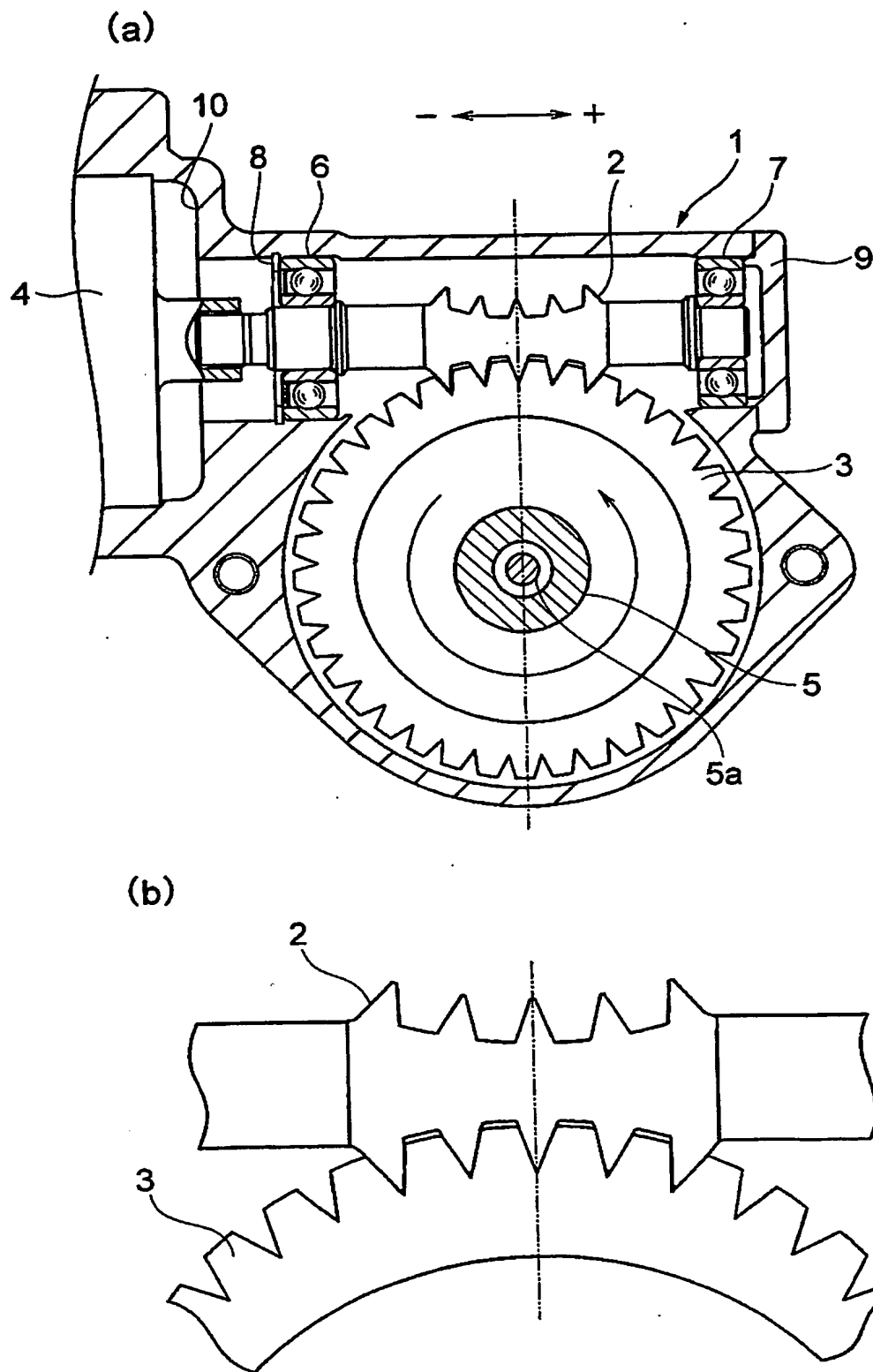
【図 18】



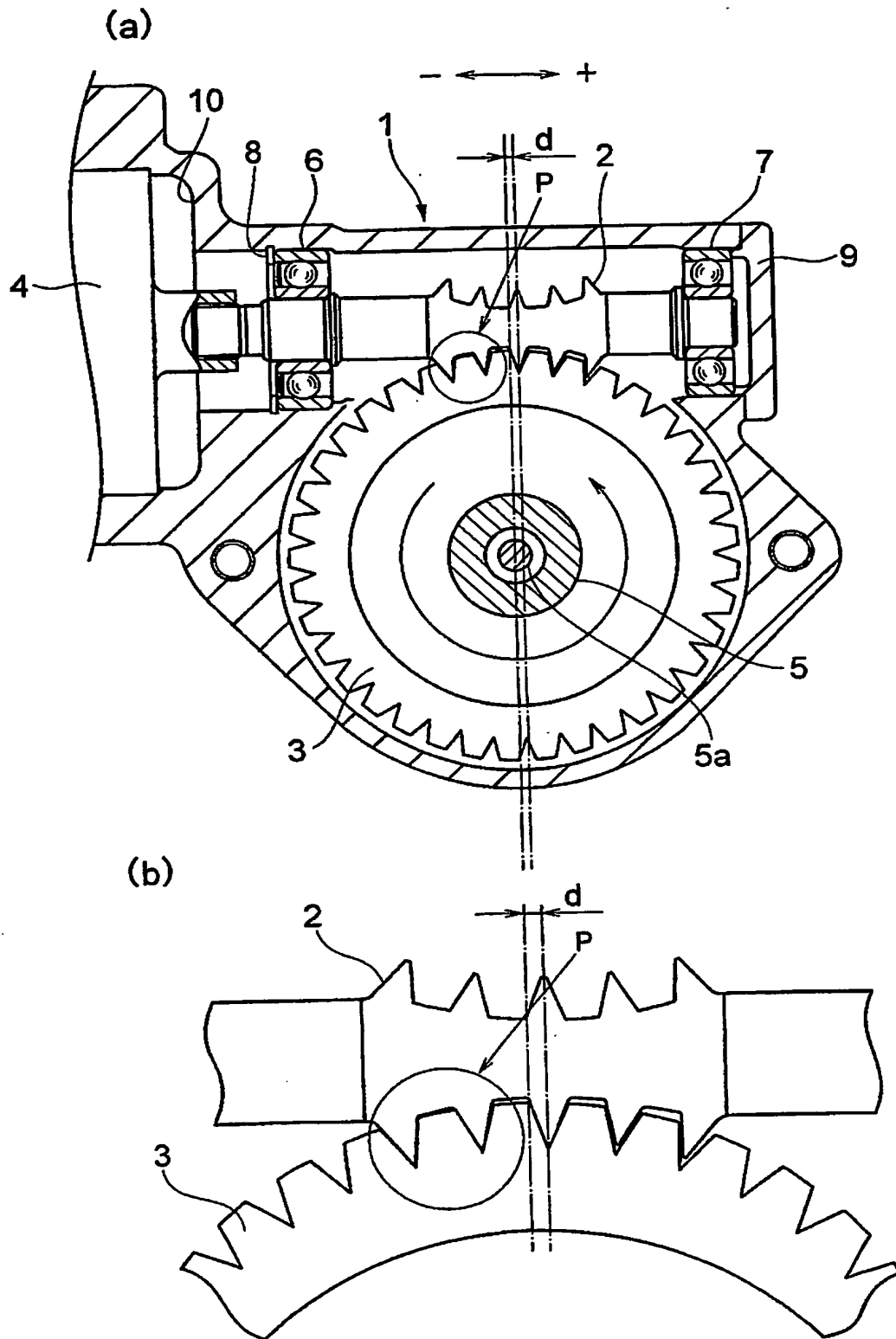
【図 19】



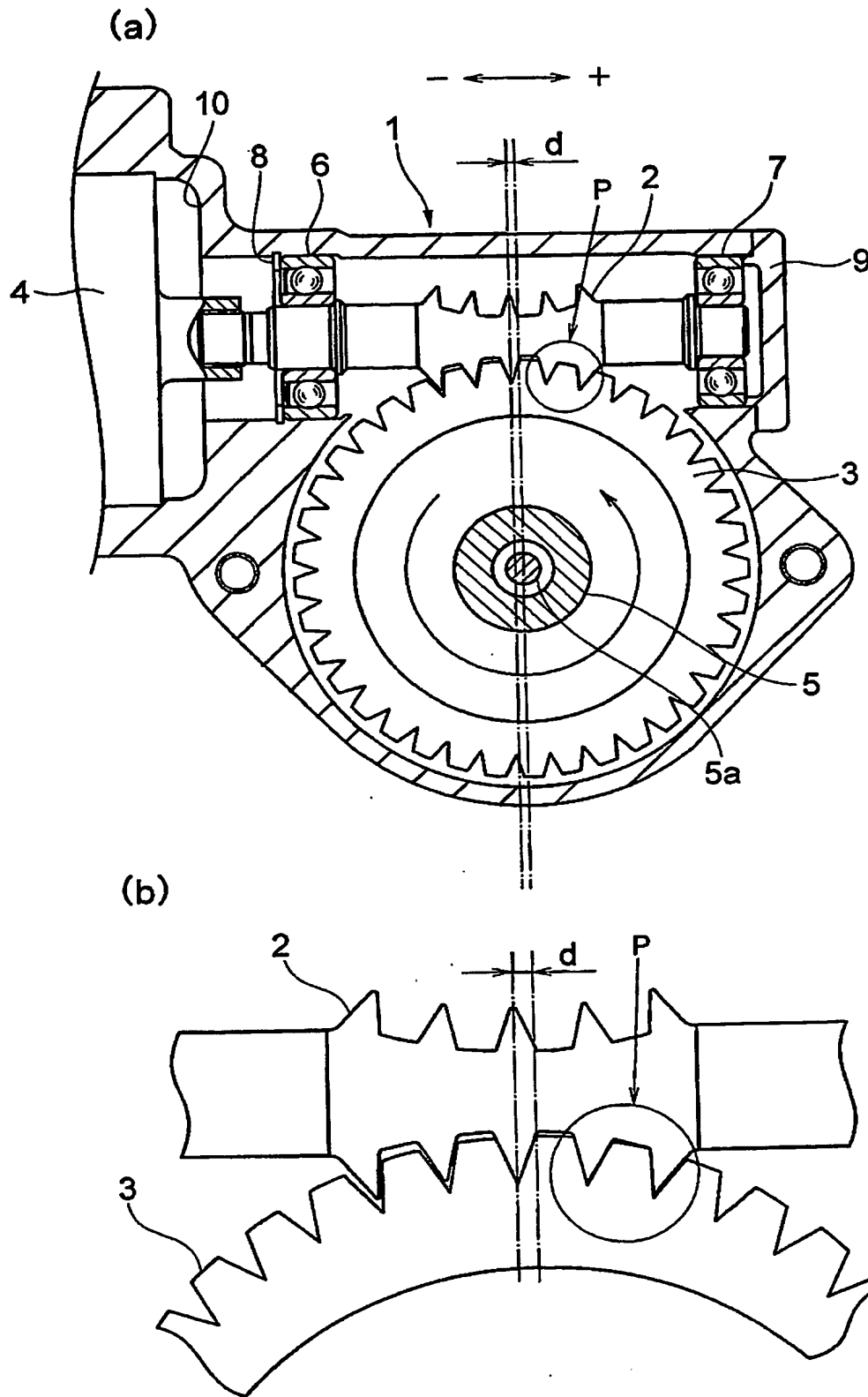
【図 20】



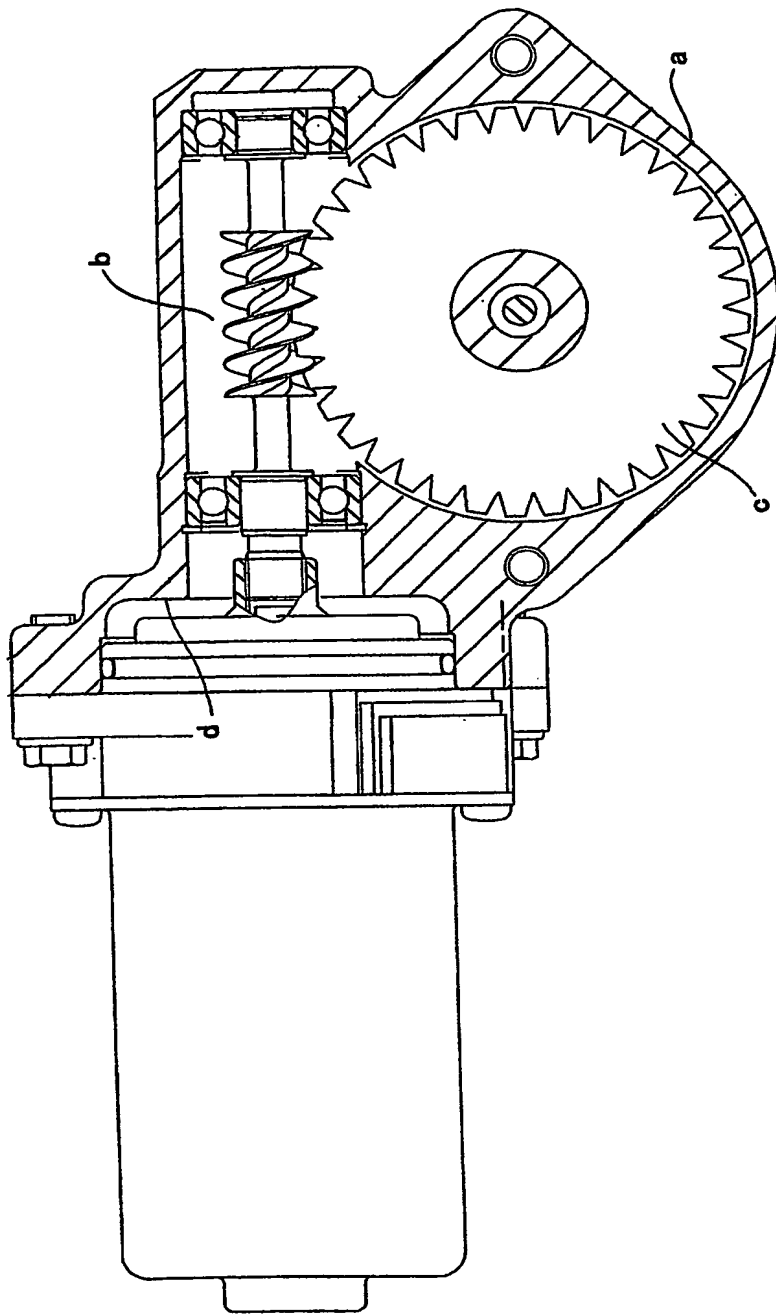
【図 21】



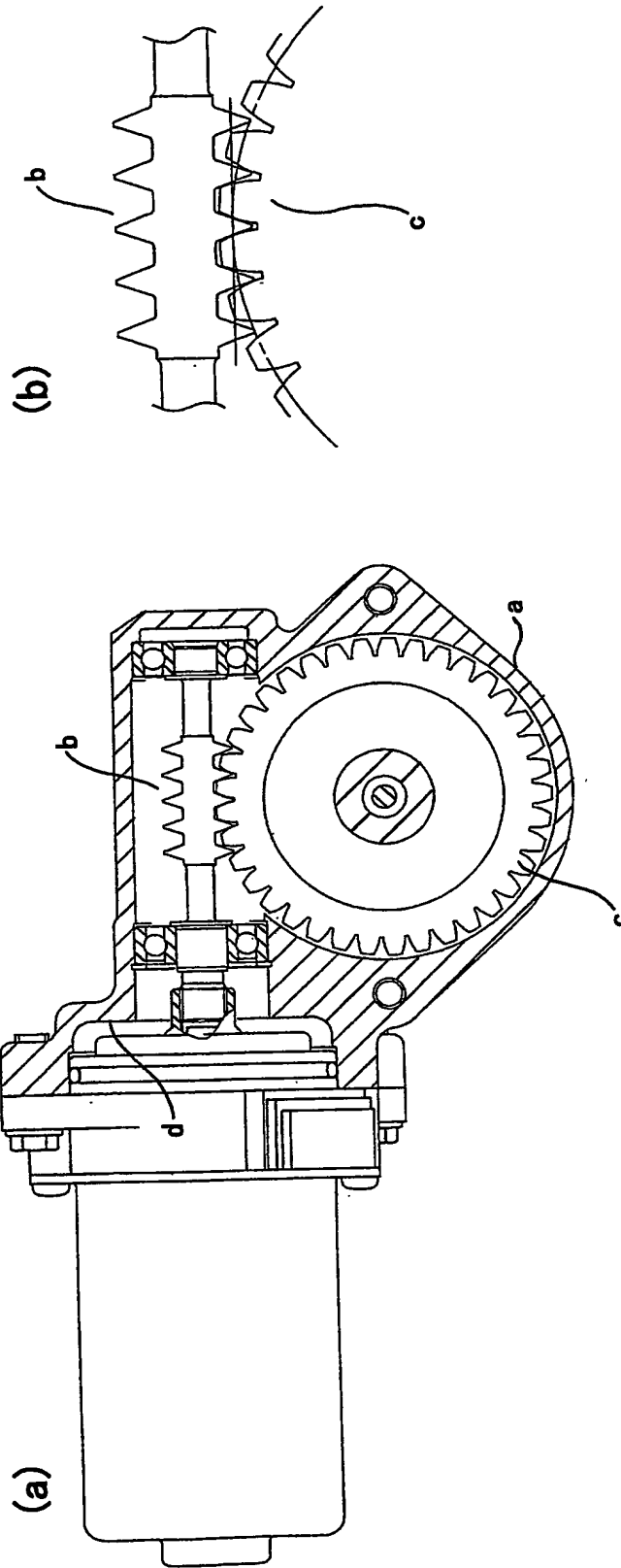
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 鼓型ウォームを用いることにより、噛み合い率を向上して、高出力化を図ると共に、鼓型ウォームの位置決めを著しく容易にして、ミスアライメントの調整を容易に行えるようにすること。

【解決手段】 (b) に示すように、鼓型ウォーム 2 のピッチ円を繋げた包絡線の曲率をホイール 3 のピッチ円半径よりも大とすれば、(c) に示すように、鼓型ウォーム 2 の最小バックラッシュは、大きくすること無く、鼓型ウォーム 2 の両端側のバックラッシュを大きくすることが出来る。そのため、バックラッシュに起因する歯面の打音を大きくすること無く、ミスアライメントによる歯面の干渉を防止することが出来る。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 3 9 2 6 2 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 0 4]

1. 変更新月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

氏 名

日本精工株式会社

特願 2 0 0 3 - 3 9 2 6 2 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 2 0 6 6 6 2 9]

1. 変更年月日
[変更理由]

住 所
氏 名

2 0 0 2 年 1 1 月 2 1 日

新規登録

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

NSKステアリングシステムズ株式会社